

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON**  
**ESPECIALIZACIÓN EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**DETERMINAR LA DUREZA DEL AGUA EN RÍOS Y POZOS Y SU EFECTO EN  
LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA  
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

**GABRIEL JACINTO HERNÁNDEZ FRÍAS**

**TESIS PRESENTADO COMO UNO DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL  
GRADO DE MAGISTER EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON  
ESPECIALIZACIÓN EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2018**

## **HOJA DE APROBACIÓN**

**DETERMINAR LA DUREZA DEL AGUA EN RÍOS Y POZOS Y SU EFECTO EN  
LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS DE LOS AGROQUÍMICOS EN LA  
PROVINCIA DE LOS SANTOS**

### **TESIS**

**Sometida para optar al título de Magister en Ciencias con  
Especialización en Protección Vegetal**

**VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

**Permiso para su publicación o reproducción total y parcial, debe ser**

**Obtenido en la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado**

### **APROBADO**

**Luis Carlos Salazar Pinilla**\_\_\_\_\_ **Asesor principal**

**Francisco Mora**\_\_\_\_\_ **Jurado**

**Maddala Aneth Serrano**\_\_\_\_\_ **Jurado**

## **DEDICATORIA**

A los productores agropecuarios de la provincia de Los Santos, y en memoria a Valentín Domínguez, Jacinto Frías y Sofía González.

## **AGRADECIMIENTO**

Primero dar gracias a Dios, a mi esposa Erika E. Aguilar P. a mis hijos Gabriel J. Hernández P. Melanie N. Hernández P. y Allisson I. Hernández R; que de alguna manera fueron fuente de motivación en el desarrollo de esta investigación.

Al Ministerio de Desarrollo Agropecuario, entre ellos a la Dirección Regional del MIDA de la provincia de Los Santos, por asignar personal técnico, como apoyo a la investigación.

Al Director Nacional de Sanidad Vegetal, Ing. Darío Gordon. Al Departamento de la Coordinación de Servicios Técnicos de Análisis Químico de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, Lic. Brenda Checa, Lic. Enilda Coronado y el Lic. Hendrick Fuentes, quienes me apoyaron en asesoría y análisis de las muestras en el Laboratorio.

Gracias al ingeniero Cristino Rodríguez y a los Ingenieros Rubén Serracín y Juan Pablo Soriano ambos con el grado de masters por su tiempo empeñado en la investigación.

Al Profesor Luis C. Salazar P. asesor principal de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá.

Al Profesor Francisco Mora asesor de la investigación.

A los productores, que facilitaron sus instalaciones y tiempo para la ejecución de las actividades en esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

HOJA DE APROBACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
Abreviaturas Utilizadas .....	xii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
A. Planteamiento del problema.....	4
B. Justificación .....	5
C. Objetivo general.....	5
D. Objetivos específicos .....	6
REVISIÓN DE LITERATURA .....	7
A. La calidad del agua y la eficiencia de los plaguicidas .....	7
B. Dureza .....	8
C. Potencial de hidrógeno pH.....	11
D. Conductividad CE.....	12
E. Sólidos totales disueltos TDS .....	12
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
A. Ubicación del área de estudio .....	14
B. Descripción del sitio, en cuanto al uso de aguas subterráneas.....	14

C. El aprovechamiento del recurso agua de río en la subcuenca del río Estibaná.....	15
D. Distribución muestral por sitios y criterios para el análisis de los datos .....	15
E. Valor de referencia para la interpretación de los datos fisicoquímicos .....	16
F. Diseño experimental para el análisis estadístico.....	17
G. Criterios para la selección de los sitios y métodos aplicados para la colecta de muestras.....	17
1. Criterios utilizados: .....	17
2. Colecta de muestra.....	18
3. Identificación de los sitios .....	19
4. Mediciones de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua .....	20
4.1. Lectura del agua en los pozos .....	20
4.2. Lectura del agua en los ríos.....	21
5. Identificación de las muestras .....	22
6. Transporte y preservación de las muestras .....	22
H. Ensayos de laboratorios para la determinación de la dureza .....	23
1. Materiales, equipos, reactivos y soluciones .....	23
1.1. Materiales.....	23
1.2. Equipos .....	23
1.3. Reactivos y soluciones .....	24
1.3.1. Solución tampón .....	24
1.3.2. Indicador negro de eriocromo T .....	25
1.3.3. Solución estándar de EDTA .....	25
1.3.4. Agentes complejantes .....	25
1.3.4.1. Inhibidor I de iones de interferencia .....	25
1.3.4.2. Inhibidor II de iones de interferencia .....	25

2. Preparación de la muestra a titular .....	26
3. Cálculos.....	26
I. Preparación de muestras para análisis de glifosato en aguas de pozo y ríos. ....	27
J. Preparación de muestras para análisis de dimetoato en aguas de pozo y agua desionizada. ....	29
K. Determinación de la estabilidad de la emulsión, propiedad fisicoquímica,.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES .....	48
RECOMENDACIONES .....	50
LITERATURA CITADA.....	51
ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la provincia de Los Santos en la República de Panamá.....	14
Figura 2. Ubicación de ríos y pozos, en el área de investigación, de la provincia de Los Santos. ....	16
Figura 3. Ubicación de sitios para el muestreo según los criterios definidos. ....	17
Figura 4. (A). Liberación de volumen de agua para el posterior triple enjuague y muestreo (B) Colecta de muestra en el pozo, del Sr. Gilberto Cárdenas productor de maíz, caña y arroz. ....	18
Figura 5. Punto de muestreo en el río Estibaná con características apropiadas para el muestreo, sin remanses con un flujo o corriente de agua sin interrupción.....	19
Figura 6. Ubicación y asignación de códigos a los puntos de muestreo, río Estibaná, distrito de Macaracas, provincia de Los Santos. ....	19
Figura 7. Lectura de parámetros fisicoquímicos en agua de pozo utilizando la sonda multiparamétrica.....	21
Figura 8. Lectura de parámetros fisicoquímicos utilizando la sonda multiparamétrica en el río Bajo Güera .....	22
Figura 9. Titulador automático utilizado para determinar la concentración de $\text{CaCO}_3$ en muestras de agua. ....	24
Figura 10. Cromatógrafo Agilent Technologies 6430 triple cuadruplodo LC/MS. ....	27
Figura 11. Diagrama del Flujo de la muestra hasta la emisión de los resultados.....	29
Figura 12. Muestra previo a la lectura de estabilidad de la emulsión después de agitada vigorosamente 30 veces.....	32
Figura 13. Comparación de los promedios de la dureza determinados en agua de ríos y pozos.....	33



Figura 14. Valores de pH promediados, durante los cinco (5) muestreos en pozos y ríos de la provincia de Los Santos, en los distritos de: Macaracas, Guararé, Los Santos y Las Tablas periodo 2016-2017. ....	36
Figura 15. Degradación del plaguicida glifosato, a diferentes durezas de ríos y pozos 2016-2017.....	40
Figura 16. Degradación del plaguicida dimetoato, en agua desionizada y agua de pozo 2016-2017.....	42
Figura 17. Análisis de varianza del dimetoato en dos medios acuosos.....	45
Figura 18. Análisis de varianza del glifosato en dos medios acuosos.....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de dureza, según la escala de EPA, en los 16 sitios muestreados ocho (8) pozos y ocho (8) ríos 2016- 2017. ....	34
Cuadro 2. Clasificación de dureza y distribución porcentual, según la escala de EPA, en los ocho (8) ríos 2016-2017.....	34
Cuadro 3. Clasificación de dureza y distribución porcentual, según la escala de EPA, en los ocho (8) pozos 2016-2017. ....	35
Cuadro 4. Comportamiento del pH de los cinco (5) muestreos, en agua ríos y pozos 2016-2017.....	36
Cuadro 5. Comportamiento de la salinidad TDS, de los cinco (5) muestreos, en ríos y pozos 2016-2017. ....	37
Cuadro 6. Comportamiento de la conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de los cinco (5) muestreos, en ríos y pozos 2016-2017. ....	38
Cuadro 7. Impacto de la dureza del agua de ríos y pozos al plaguicida glifosato 2016- 2017.....	41
Cuadro 8. Impacto de la dureza del agua, al plaguicida dimetoato en dos (2) medios acuosos, a distintas concentraciones de dureza 2016-2017.....	43
Cuadro 9. Comparación de medias y desviación estándar de la degradación del dimetoato en dos medios acuosos distintos, agua desionizada y agua de pozo. 44	
Cuadro 10. Estadístico de la Prueba t de Student para muestras independientes.....	45
Cuadro 11. Comparación de medias y desviación estándar de la degradación del glifosato en dos medios acuosos distintitos, agua de pozo y río. ....	46
Cuadro 12. Prueba de Levene de igualdad de Varianzas para muestras independientes. .....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Propiedades fisicoquímicas promediadas, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017. ....	55
ANEXO II. El pH promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.....	56
ANEXO III. Conductividad eléctrica CE promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017 .....	57
ANEXO IV. Salinidad TDS promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017. ....	58
ANEXO V. Temperatura promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.....	59
ANEXO VI. Concentración promedio de $\text{CaCO}_3$ , por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017 .....	60

## **Abreviaturas Utilizadas**

ANAM: Autoridad Nacional del Ambiente

CE: Conductividad Eléctrica

CGRP: Contraloría General de la República de Panamá

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DNSV: Dirección Nacional de Sanidad

EPA: Environmental Protection Agency

FAO: Food Agriculture Organization

I.A: Ingrediente activo

MIDA: Ministerio de Desarrollo Agropecuario

OMS: Organización Mundial de la Salud

pH: Potencial de Hidrógeno

EDTA: Sal disódica dihidratada del ácido etilendiaminotetraacético

GPS: Sistema de Posicionamiento Geo referencial

TDS: Sólidos Totales Disueltos

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

## **RESUMEN**

Esta investigación se realizó en ocho ríos y ocho pozos de la provincia de Los Santos, una zona dedicada a la: ganadería, horticultura y cultivos extensivos, que demandan un alto consumo de plaguicidas para el control de plagas y enfermedades. En el estudio, se plantea determinar la dureza del agua en ríos y pozos, utilizada como medio, para las aplicaciones de plaguicidas, y determinar su efecto en las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas; ya que existe un incremento en el uso de los plaguicidas, el cual es atribuido a la dureza del agua. El muestreo se realizó considerando la época seca y lluviosa en el período entre febrero 2016 hasta febrero del año 2017. Las muestras de agua fueron colectadas en los ríos Taguada, Bajo Güera, Faldar, Estibaná, Tebario y Río Gato, distrito de Macaracas; en el Río Tonosí y la quebrada La Bonita y un pozo ubicado en Tonosí Centro, distrito de Tonosí; un pozo ubicado en Tablas Abajo distrito de Las Tablas; pozos en Llano Abajo, la Pacera y Ciénega Larga en Guararé y dos (2) pozos, uno Sabana Grande y en Tres Quebradas distrito de Los Santos. Las muestras se analizaron, en los laboratorios de Control de Calidad de Plaguicidas y Análisis de Residuos de Plaguicidas en Plantas y Productos Vegetales de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. Por lo que, la dureza promedio en pozos resultó en agua dura y muy dura y ríos como media dura y dura; según, la escala establecida por la EPA. Adicionalmente, se demostró que existía diferencias significativas entre los mismos tratamientos de: agua de pozo y desionizada en soluciones con dimetoato; también agua de río y agua de pozo en soluciones con glifosato.

Palabras claves: Agua dura, plaguicidas, propiedades fisicoquímicas, ríos y pozos.

## SUMMARY

This research was conducted in eight rivers and eight wells in the province of Los Santos, an area dedicated to: livestock, horticulture and extensive crops, which demand a high consumption of pesticides for the control of pests and diseases. In the study, it is proposed to determine the hardness of water in rivers and wells, used as a medium, for pesticide applications, and determine its effect on the physicochemical properties of pesticides; since there is an increase in the use of pesticides, which is attributed to the hardness of the water. The sampling was carried out considering the dry and rainy season in the period between February 2016 and February 2017. The water samples were collected in the Taguada, Bajo Güera, Faldar, Estibaná, Tebario and Río Gato rivers, Macaracas district; in the Tonosí River and the La Bonita stream and a well located in Tonosí Centro, Tonosí district; a well located in Tablas Abajo district of Las Tablas; wells in Llano Abajo, La Pacera and Ciénega Larga in Guararé and two (2) wells, one Sabana Grande and in Tres Quebradas district of Los Santos. The samples were analyzed in the laboratories of Quality Control of Pesticides and Analysis of Residues of Pesticides in Plants and Vegetable Products of the National Directorate of Plant Health. Therefore, the average hardness in wells resulted in hard and very hard water and rivers like medium hard and hard; according to the scale established by the EPA. Additionally, it was shown that there were significant differences between the same treatments: well water and deionized in solutions with dimethoate; also river water and well water in solutions with glyphosate.

Keywords: Hard water, pesticides, physicochemical properties, rivers and wells.

## INTRODUCCIÓN

El agua, tiene una estrecha relación con los medios de producción, que se refleja en aptitud o calidad para cada uso; por ello existen diferentes criterios de clasificación ya sea: la ganadería, riego, la aplicación de agroquímicos, entre otros (Vivod, 2010).

Los plaguicidas principalmente, los herbicidas, insecticidas y fungicidas y otros agroquímicos, se asperjan con agua; como medio o vehículo de transporte; por lo que, para preservar la integridad y eficacia de estos productos fitosanitarios, resulta determinante promover un medio estable, que no desintegre ,estructuralmente, los principios activos; por ende, evitar que éstos queden ser retenidos por las cargas de partículas disueltas en el agua, y/o que ciertas reacciones químicas los inactiven. Un plaguicida en su envase original se conserva inalterado por 36 meses; sin embargo, una vez disuelto en agua, su efectividad se ve comprometida en horas o días, según las circunstancias (Leiva, 2010).

La dureza del agua es causada por minerales con carga positiva, principalmente calcio y magnesio, pero también sodio y hierro. Estos cationes pueden unirse a algunos herbicidas como el glifosato y también 2,4-D amina, lo que reduce su rendimiento. La dureza suele denominarse "Dureza total (calculada)", y se expresa en ppm o mg/L de equivalente de  $\text{CaCO}_3$  (Vivod, 2010).

Desde el 2002, MIAMBIENTE realiza monitoreo de la calidad del agua de ríos de la provincia de Los Santos, midiendo parámetros como: coliformes fecales, coliformes totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos totales suspendidos; quedando sin determinar las concentraciones de dureza (ANAM, 2008).

Muchos de los herbicidas son ácidos débiles y formulados como sales; por lo que, antagonizan en mayor o menor medida, por los cationes presentes en el agua, empleada como vehículo; También, el efecto del pH está relacionado con la estabilidad y vida media de los agroquímicos y la absorción del herbicida por las plantas (Mosquera Pérez, 2012).

La Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, informa que se importan anualmente 6.2 millones de kilogramos de plaguicidas; de los cuales dos (2) millones son herbicidas de los grupos fenólicos y derivados de la glicina (MIDA, 2013); plaguicidas que son afectados por la dureza del agua, debido a su composición química (Rodríguez, 2010).

Con el método, propuesto en esta investigación, se pretende recabar datos, sobre la calidad de agua superficial y subterránea; específicamente, en cuanto al parámetro de dureza, en las principales fuentes y o cuerpos de aguas, utilizados en la actividad agropecuaria; además, determinar su efecto, en las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas.

Por lo que, los datos generados en este estudio, concernientes a la dureza del agua de ríos y pozos, podrán ser utilizados, para aplicar correctivos al agua, empleada como medio de transporte en la pulverización; pudiéndose lograr controles más eficaces, además, reducir de manera importante, el número de aplicaciones, impactando positivamente, en la economía de los productores, al reducir los costos de producción, en materia de agroquímicos.

## **A. Planteamiento del problema**

La provincia de Los Santos es una zona dedicada en su gran mayoría a actividades agropecuarias como: ganadería, horticultura y cultivos extensivos; no obstante, estas demandan un alto consumo de plaguicidas, para el control de plagas y enfermedades. Existe un incremento del uso de los plaguicidas, el cual es atribuido a la dureza del agua, lo que representa un aumento de los costos de producción en materia de plaguicidas.

De acuerdo con productores de maíz y hortalizas, que utilizan las aguas de ríos y pozos, para la preparación de las pulverizaciones; se hace necesario en algunos casos, incrementar las dosis del producto comercial, para lograr el control de las plagas; esta situación, pudiera obedecer a la presencia de sales disueltas de Ca y Mg en el agua de ríos y pozos; además, es común observar, en los acueductos de Los Santos, incrustaciones, por la formación calcárea, lo cual , pudiera ser otro indicio a considerar.



De acuerdo con cifras de la Contraloría de la República de Panamá (Contraloría, 2014), en la provincia de Los Santos, hay 3424 productores agrícolas y pecuarios con una superficie cultivada de 20683. 71 hectáreas.

En el Ministerio de Ambiente, no cuenta con datos y/ o mapas, que indiquen las concentraciones de Ca y Mg presentes en aguas superficiales (Pérez, O. comunicación personal, 2015).

Diferentes parámetros de calidad del agua, son considerados importantes; de los cuales se podrían mencionar: pH, conductividad, sólidos totales disueltos y dureza; factores y o variables, que pudieran interactuar negativamente con los ingredientes activos y/o inertes de los plaguicidas.

## **B. Justificación**

La mala calidad del agua en una aspersión, pudiera incidir negativamente, en el producto, reduciendo su solubilidad y disminuyendo la absorción de él, por las plagas objetivos, resultando en un rendimiento inferior y quizás la necesidad de repetir el tratamiento ocasionando pérdidas y afectando la salud y el ambiente. Por lo que, el control químico, es la herramienta más utilizada, para el manejo de plagas agrícolas; no obstante, es considerado como un método relevante, en el Manejo Integrado de Plagas (MIP), siendo en ocasiones, la única medida eficaz para evitar pérdidas económicas.

## **C. Objetivo general**

Determinar, la dureza del agua en ríos y pozos; utilizada para las aplicaciones de productos fitosanitarios, en áreas agrícolas de la provincia de Los Santos y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas de los agroquímicos.

#### **D. Objetivos específicos**

- Determinar concentraciones de la dureza del agua, expresada en, mg/L, en ríos y pozos de áreas agrícolas de la provincia de Los Santos.
- Determinar la influencia de la dureza del agua sobre las propiedades fisicoquímicas de los agroquímicos evaluados en el estudio de acuerdo con parámetros establecidos por la FAO y la OMS.
- Evaluar la degradación de los plaguicidas según la dureza promedio determinada para los ríos y pozos del área de estudio.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **A. La calidad del agua y la eficiencia de los plaguicidas**

Según, publicación de la revista electrónica *Sprayers* 101 (2017), el agua es una de las principales entradas en una operación de pulverización; la cantidad de agua aplicada por superficie está estrechamente relacionada con la cobertura de pulverización y el rendimiento de los plaguicidas. Sin embargo, la calidad del agua es un término que abarca aspectos como: limpieza y composición química, condiciones fundamentales para el buen rendimiento de los plaguicidas; por lo que, para garantizar un buen rendimiento, es fundamental verificar la calidad del agua y una interpretación apropiada de los resultados.

Así mismo, en una publicación del Departamento de Extensión de la Universidad Purdue (2012), define al agua como el solvente universal; es el medio esencial de transporte, utilizado en la aplicación de los productos químicos, para la protección de los cultivos, constituye más del 95 % del volumen de la pulverización.

Según la revista *Metroflor* (2016), igualmente, define el agua como el vehículo que transporta los insumos químicos hacia la planta y el medio adyacente; haciendo igualmente mención que la calidad fisicoquímica del agua es fundamental para garantizar en gran parte, el éxito de las aplicaciones. El poder controlar la mayor cantidad de factores, asociados a la calidad física y química del agua, permite optimizar el efecto de los insumos agrícolas, dando como resultado, pulverizaciones más eficaces y con mayor relación costo beneficio, puntualiza la revista.

Razón por la cual, la mala calidad fisicoquímica del agua, utilizada como vehículo, es un factor, que puede afectar la efectividad de diferentes y o diversas formulaciones del plaguicida glifosato, capaz incidir negativamente, en la eficacia del tratamiento herbicida, pudiendo influir de manera distinta, según, la formulación y la especie de maleza (Allieri y Papa 2008).

Dicho de otra manera, las propiedades contenidas en el agua utilizada, para el transporte de las soluciones, en la aspersión, pueden ser capaz, en gran medida de incidir en el rendimiento de herbicidas, como el glifosato, 2,4-D entre otros. De allí que, definir el papel de la calidad del agua en la eficacia de los herbicidas, es muy importante.

La calidad del agua subterránea es variable entre las distintas fuentes, su calidad está determinada por varios factores como: el pH, la dureza, la alcalinidad, la turbidez y la temperatura (Purdue University, 2012). Estos factores son importantes, para determinar la calidad del agua y su papel en el rendimiento de los herbicidas.

El agua utilizada para la aplicación de plaguicidas, muestran elementos o factores limitantes que requieren de una corrección, como: pH y dureza. El agua tiene una ajustada relación con los sistemas de producción, que se refleja en la aptitud o calidad requerida para cada uso; por ello, existen diferentes criterios de calificación, ya sea para: la ganadería, el riego o la aplicación de agroquímicos, entre otros (Vivod, 2010).

## **B. Dureza**

En un estudio realizado por MIAMBIENTE, en fuentes de aguas subterráneas de la provincia de Los Santos, en 17 diferentes puntos de muestreo reflejo que: 83 % de las muestras de agua se ubicaba en un rango de agua dura y el 17 % en la escala de aguas muy duras (ANAM, 2013),

En estudio realizado por Faccini y Puricelli (2010), en malezas como *Carduus acanthoides* y *Conyza bonariensis*, se pudo demostrar que, en ambas especies, en general, el control fue inferior en 2008 que en 2009. En 2008 en la mayoría de los tratamientos la eficacia fue menor con agua dura que con agua blanda, para ambas malezas. La eficacia fue mayor con agua dura, cuando se agregó sulfato de amonio con glifosato solo y en algunas mezclas con glifosato.

En particular al herbicida glifosato, la dureza del agua le produce como consecuencia una fuerte inactivación parcial y reduce consecuentemente los porcentajes de control;

principalmente para aquellas malezas que pudieran ser de difícil control como: *Cynodon dactylon*, *Setaria spp.*, *Cyperus rotundus* y *Parietaria debilis* (Leiva, 2010).

Se acepta que las soluciones y emulsiones del glifosato -agua son sistemas complejos, en la que existe un equilibrio entre las moléculas de glifosato ácido libre y sus sales de isopropilamina, siendo todos estos componentes susceptibles para reaccionar con los iones presentes en el agua durante el secado de las microgotas del tratamiento, por consiguiente, las variables de calidad del agua, que más afectan la actividad del glifosato, son la alcalinidad y la dureza (Méndez *et al*, 1999).

Según Papa, J.C. s.f. La presencia del catión calcio en el agua, a la concentración de 250 ppm afecta negativamente el desempeño del herbicida glifosato sobre la maleza sorgo de Alepo *Sorghum halapense*.

Algunos plaguicidas y en especial aquellos herbicidas que son formulados como sales, glifosato y el 2,4-D amina, son severamente afectados por la presencia de minerales disueltos en el agua, fundamentalmente los cationes calcio  $\text{Ca}^{++}$  y magnesio  $\text{Mg}^{++}$ . Los activos disociados en la solución presentando carga negativa forman sales conjugadas de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ . Estos compuestos, así formados, cuando se usan aguas duras, presentan mayor dificultad para ser absorbidos por el vegetal, disminuyendo de forma importante su capacidad de acción (Arróspide, 2016).

En los sitios webs mercosur.com (2018) y CASAFE (2016), revistas electrónicas, sugieren que la nivelación de la dureza de las aguas se trabaja con productos correctores de dureza. Para el trabajo con agroquímicos se toma como valor umbral 150 ppm, o sea, un agua dura. Es decir que por encima de las 150 ppm de dureza se deberá agregar un corrector, y la cantidad a utilizar dependerá de cuán grave sea el problema.

Además, la Universidad de Montana (2013), publica que estos cationes pueden reducir aún más la efectividad de los plaguicidas de ácidos débiles, especialmente si el pH del agua está por encima del rango de acción del plaguicida. El efecto ocurre debido a que el principio activo del plaguicida se disocia con los cationes del agua transportadora. Por lo

que resulta que las moléculas no pueden ser absorbidas apropiadamente por la plaga objetivo, ingresando a un ritmo más lento o formando sales insolubles.

El agua dura, presenta habitualmente valores de pH próximos a 8 y nunca superiores a 8.5, que indicarían la presencia de sodio. El agua puede ser salina o muy salina, pero de pH neutro. Muchas veces secuestrando cationes alcalinos térreos el valor de pH baja, otras veces no. Por eso no utilizar correctores de efecto combinado, sin conocer previamente el factor limitante. Cada plaguicida tiene un valor de pH óptimo, para conservar el principio activo; como promedio podemos considerar un valor de pH=5. Para una mayor precisión consulte con un especialista o al fabricante del plaguicida (Vivod, 2010).

Algunos plaguicidas se pueden afectar negativamente por la dureza del agua, donde las moléculas de plaguicidas cargadas negativamente se adhieren a las moléculas de hierro, calcio y magnesio cargadas positivamente, cationes presentes en el agua dura. La unión de los plaguicidas con los minerales, provocan que las moléculas de los plaguicidas no puedan ingresar a la plaga objetivo, que penetren a un ritmo mucho más lento, o que se precipiten (UAP, s.f.).

*Supra citata* en cierto sentido, cuanto más se une la molécula o plaguicida a los minerales presentes en el agua, más "diluido" se encontraría la mezcla o solución que se va aplicar. En algunos casos, la molécula alterada químicamente puede ser incapaz de disolverse con el agua, y por consiguiente no lograr penetrar el tejido de la hoja, de ahí interrumpir las funciones biológicas de la maleza.

Según Papa (2004), en su análisis estadístico en las condiciones en las que se realizó el experimento, no mostró interacción significativa entre formulación y calidad de agua, pero si se confirmaron diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones para *Amaranthus* y entre calidad de agua para *Portulaca* y *Eleusine*. Se determinó que el agua dura afectó negativamente la eficiencia de todos los herbicidas. Al nivel de dosis evaluado no se verificó fitotoxicidad visible en las plantas de soja tratadas.

En general, los insecticidas son mucho más susceptibles a hidrólisis que los fungicidas, herbicidas, defoliantes o reguladores del crecimiento. Los insecticidas organofosforados y los carbamatos son más susceptibles que los insecticidas a base de hidrocarburos clorados, algunos de los piretroides muestran susceptibilidad a la hidrólisis (Beard, 2001).

### **C. Potencial de hidrógeno pH**

El pH del agua puede ser capaz de influir en la estabilidad dentro del tanque de la pulverizadora en algunos herbicidas, fungicidas e insecticidas en general; por lo que, un pH bajo no es esencial para optimizar la absorción de los herbicidas al mismo tiempo, la acidificación del agua no es recomendable como una práctica rutinaria y estándar, dicho de otro modo, el pH por sí solo no es un indicador de la “calidad” del agua (Dalvos, 2008).

Según, los resultados de García, R. y Sánchez, O. ( 2005), indicaron que el pH del agua ejerció marcada influencia sobre la efectividad de glifosato a 3 L/ha para el control de *Brachiaria extensa*, sin embargo, con mejores resultados cuando se utilizó agua con pH 4.5 y 6.0. Por otro lado, la efectividad disminuyó en la misma medida en que la alcalinidad del agua aumentó.

Los datos en cuanto pH recabado en localidades al NE y NO de Argentina medidas *in situ*, oscilan entre 6 y 8,5. Según la bibliografía y datos consultados, por el autor a esos valores de pH el glifosato, atrazina, cipermetrina, clorpirifós y el benomil no tendrían estabilidad en el medio en pocas horas y por el contrario los plaguicidas metribuzín, clorimurón etil, acefato y tebuconazole no se verían mayormente afectados. (Dalvos, 2008).

Según, ANAM (2003), en la mayoría de los casos el pH en aguas subterráneas de la región del Arco Seco, se encuentran entre 6.5 y 8 haciendo referencia de que existen sitios que exceden los 8.5 e igualmente fuentes ácidas inferiores a 6.5 estos valores no afectan a la salud; sin embargo, para los sitios que los valores superen pH 8.5 requieren algún tratamiento de purificación.

Por otro lado, en una investigación realizada en la escuela agrícola El Zamorano, donde se realizaron ensayos para evaluar el efecto que podría tener el pH del agua a 8.50, 6.50 y 4.50 sobre tres (3) herbicidas de diferentes familias químicas como: glifosato, Fluazifop-p-butil ester y Bentazon llegaron a la conclusión que el pH del agua no afectó la efectividad de los herbicidas en el control de las malezas (Gómez *et al.* 2006).

Según Devkota, P; Johnson, WG (2016), el agua a pH alcalino o con dureza  $>200 \text{ mg L}^{-1}$  tiene el potencial de reducir la eficacia de glufosinato. Por esta razón, se debe considerar el uso de agua libre de cationes que confieran dureza y que tenga pH ácido ( $\text{pH} = 4 \text{ a } 6.5$ ) para obtener una eficacia óptima con glufosinato.

#### **D. Conductividad CE**

Si el valor del agua en cuanto a conductividad eléctrica (CE) resulta menor a  $500 \mu\text{S/cm}$ , es imposible que la eficiencia de cualquier plaguicida, se vea afectada negativamente, según Dalvos (2008) y Montana (2013).

#### **E. Sólidos totales disueltos TDS**

En estudio realizado por ANAM (2013), donde reportó análisis del año 2010 y los comparó con resultados del 2002 obtenidos por la compañía Tahal consulting 13, concluyó que las aguas indudablemente salobres (con el residuo seco superior a  $600 \text{ mg/L}$ ) fueron encontradas en tres casos, de los cuales, el dato de agua salobre para Santiago (La Mata,  $872 \text{ mg/L}$ ) y Natá (río El Caño,  $674 \text{ mg/L}$ ). Sin embargo, el análisis de agua en Los Cuernitos (Guararé), ANAM confirma los datos de los estudios anteriores sobre la presencia de aguas salobres en la provincia de Los Santos. Dentro de los análisis del año 2002, las aguas salobres aparecen en San Agustín ( $760 \text{ mg/L}$ ), El Ejido ( $720 \text{ mg/L}$ ), La Honda ( $900 \text{ mg/L}$ ), así como, según los análisis de Tahal Consulting13, en Perales ( $660 \text{ mg/L}$ ), Lagartillo ( $917 \text{ mg/L}$ ), Espinal ( $894 \text{ mg/L}$ ), El Rincón ( $726 \text{ mg/L}$ ), y Conchal ( $2,448 \text{ mg/L}$ ). Aunque estos datos son de años anteriores, significan que las aguas salobres pueden ser encontradas en la provincia de Los Santos, generalmente en las áreas cercanas



a la costa. Igualmente, valores de TDS mayores a 500 mg/L y además con dureza superiores a 500 mg/L pueden afectar herbicidas como el 2,4-D (Montana, 2013).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la provincia de Los Santos, dividida políticamente en siete distritos, se sitúa al sur de la península de Azuero, entre los 7° 30'00" de latitud norte y 8° 20'00" de latitud oeste (Fig.1).

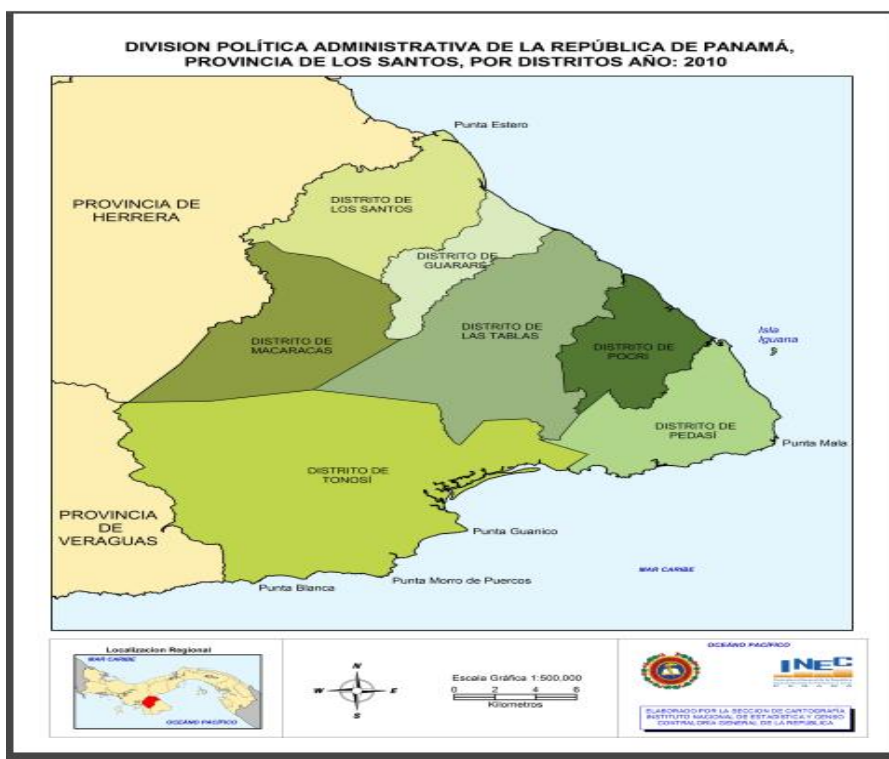


Figura 1. Ubicación de la provincia de Los Santos en la República de Panamá.

Fuente: CGRP, 2010.

### B. Descripción del sitio, en cuanto al uso de aguas subterráneas

Para el aprovechamiento del agua subterránea, se han construido más de 635 pozos, con un caudal total superior a 36,700 galones/minuto, dedicados a la actividad agropecuaria. En el mismo estudio según el MIDA, en Los Santos, a diferencia de otras

provincias de la región del Arco Seco, el riego utilizando aguas subterráneas está ampliamente desarrollado. Se riegan más de 150 ha, dedicadas al cultivo de sandía, maíz, melón y tomate; más del 70% corresponde al riego por goteo. En Guararé, se riegan más de 40 ha con riego por goteo, entre frutales, melón, zapallo y hortalizas. En Las Tablas, se riegan por goteo más de 145 ha, entre zapallo, melón, frutales y sandía; a excepción de 12.5 ha de pastos mejorados que se riegan por aspersión. En Tonosí, se riegan 125 ha, entre cultivos de zapallo, sandía y melón, utilizando riego por goteo. En Macaracas, se riegan 30 ha de piña y melón por goteo. En Tres Quebradas, se riegan cinco (5) ha de pastos mejorados por aspersión. En Pedasí, se riegan cuatro (4) ha de plátano por gravedad, utilizando aguas subterráneas (ANAM, 2013).

### **C. El aprovechamiento del recurso agua de río en la subcuenca del río Estibaná**

Dentro de la subcuenca del río Estibaná principalmente, se da para el abastecimiento de agua en poblaciones rurales; a través de acueductos rurales, sobre fuentes superficiales y subterráneas en poco porcentaje. Además, se presentan altas demandas, para uso agrícola y pecuario (ANAM, 2012).

### **D. Distribución muestral por sitios y criterios para el análisis de los datos**

El estudio, con base en 16 sitios de muestreo, distribuidos en ocho (8) ríos y ocho (8) pozos, abarcando la estación seca y lluviosa, distribuidos entre los meses de febrero 2016 y 2017, con una frecuencia bimensual, y se colectaron un total de 80 muestras.

La distribución por sitios de muestreo se planteó de la siguiente manera:

1. Macaracas en los ríos: Taguada, Bajo Güera, El faldar, Estibaná, Tebario y río Gato
2. Tonosí: en el río Tonosí, quebrada la bonita y un pozo, ubicado en Tonosí centro.
3. Las Tablas en un pozo ubicado en Tablas Abajo.
4. Guararé en pozos: ubicados en Llano Abajo, la Pacera y Ciénega Larga.

5. Los Santos en tres (3) pozos: uno (1) en Sabana Grande y dos (2) en Tres Quebradas. La distribución de los puntos de muestreo se indica en la (Fig. 2).

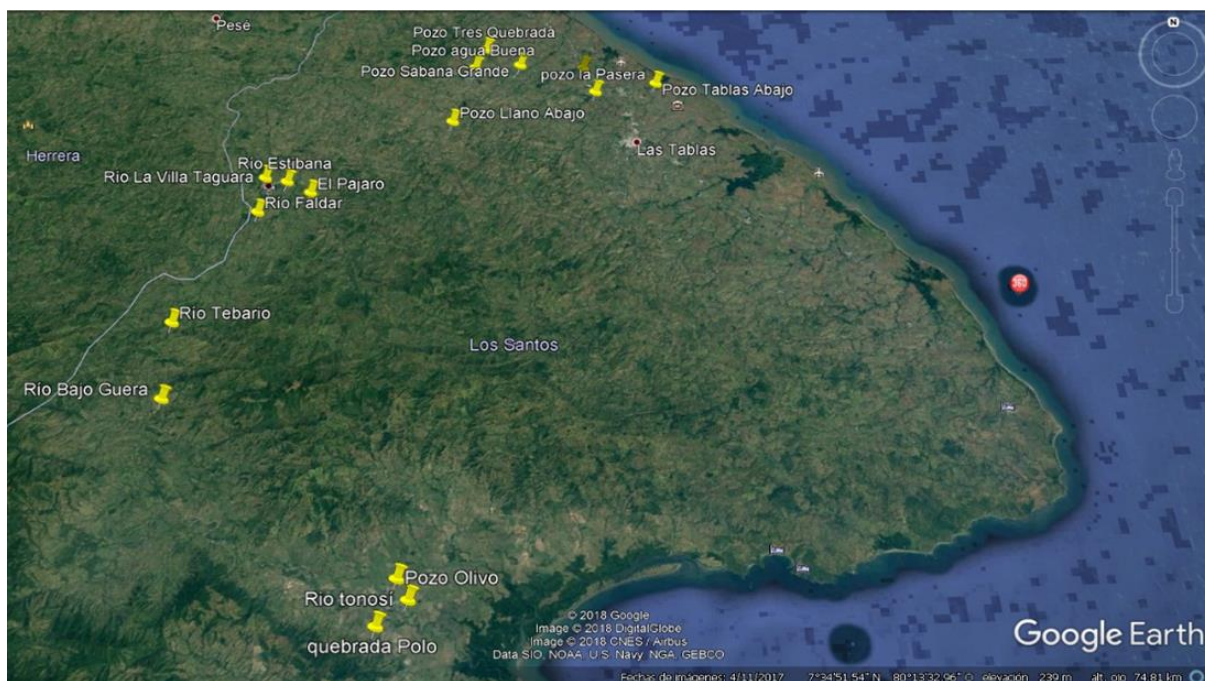


Figura 2. Ubicación de ríos y pozos, en el área de investigación, de la provincia de Los Santos.

Fuente: Google Earth.

### E. Valor de referencia para la interpretación de los datos fisicoquímicos

Para el estudio de los datos y pruebas de laboratorio, se utilizó como valor de referencia, el promedio de dureza determinada de los cinco (5) muestreos, por ríos y pozos; además, se ubicaron ríos que: representaran la parte alta media y baja y de pozo, con los valores de dureza más cercanos al promedio. Los datos generados, se compararon con la escala establecidas por, Environmental Protection Agency (EPA), institución que clasifica las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$ , presentes en el agua.

## **F. Diseño experimental para el análisis estadístico**

Los datos de laboratorio que se obtuvieron fueron tabulados en tablas; con la finalidad de confirmar, si existen diferencias significativas entre tratamientos, del mismo plaguicida. Se realizó un análisis de la varianza ANOVA, utilizando la aplicación del SPSS 24 para Windows, por lo que, se planteó el contraste igualdad de medias, para dos muestras independientes, con la prueba t de Student, con un nivel de significancia: Alfa =5 %.

## **G. Criterios para la selección de los sitios y métodos aplicados para la colecta de muestras**

### **1. Criterios utilizados:**

- 1.1. Que se estuviera desarrollando actividad agrícola.
- 1.2. Caudal de agua suficiente, que permitiera la continuidad de los muestreos programados durante el año de estudio.
- 1.3. Que estuviera dentro de las zonas: alta, media y baja de la provincia de Los Santos; de los distritos de Macaracas, Los Santos, Guararé, Las Tablas y Tonosí, como se muestra en la (Fig. 3).



Figura 3. Ubicación de sitios para el muestreo según los criterios definidos.

## **2. Colecta de muestra**

Para el muestreo de agua, se aplicaron dos (2) procedimientos distintos: colecta en pozos profundos y ríos.

### **2.1 Colecta de muestra de agua en pozo profundo**

El pozo era bombeado por turbinas, además, se dejaba fluir un volumen de agua de aproximadamente de un (1) L; posteriormente, era recolectada en un envase con capacidad de 20 L; siempre, previo al envasado final, se aplicaba un enjuague vigoroso tres veces y se extraía el volumen requerido de un (1) L en duplicado (Fig. 4 A y 4 B).



Figura 4. (A). Liberación de volumen de agua para el posterior triple enjuague y muestreo  
(B) Colecta de muestra en el pozo, del Sr. Gilberto Cárdenas productor de maíz, caña y arroz.

### **2.2 Colecta de muestra en río**

Las muestras, se colectaron lo más próximo al centro del cauce, con flujo de agua continuo de por lo menos 15 metros en línea recta; evitando los remanses del río (Fig. 5).

Al envase de un (1) L se le aplicaba un enjuague vigoroso tres veces y posteriormente se extraía el volumen requerido de un (1) L; igualmente en duplicado.





Figura 5. Punto de muestreo en el río Estibaná con características apropiadas para el muestreo, sin remanses con un flujo o corriente de agua sin interrupción.

### **3. Identificación de los sitios**

Los puntos de colecta de muestras fueron georreferenciados, e identificados con un código alfanumérico; éste código recogía información como: distrito, localidad, iniciales del productor, y número de muestreo o campaña (Fig.6).



Figura 6. Ubicación y asignación de códigos a los puntos de muestreo, río Estibaná, distrito de Macaracas, provincia de Los Santos.

#### **4. Mediciones de los parámetros de calidad fisicoquímica del agua**

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, se utilizó una sonda multiparamétrica portátil, con Sistema de Posicionamiento Georeferencial, GPS incluido en el equipo de la marca HANNA modelo HI 9829, con la capacidad de medir una amplia gama de parámetros y propiedades físicas del agua como: conductividad, pH, demanda química de oxígeno, sólidos totales, temperatura y presión atmosférica.

El procedimiento para el uso de la sonda consistió en sumergir los electrodos, por un tiempo de aproximadamente cinco (5) minutos hasta que se estabilizara la lectura, se ingresaba el código del sitio; una vez, estabilizada la lectura los datos generados eran almacenados en la memoria del equipo hasta su posterior tabulación en la hoja de Excel.

##### **4.1.Lectura del agua en los pozos**

La lectura de la sonda multiparamétrica se realizaba en un envase de plástico de 20 L, que contenía un volumen de agua de aproximadamente 10 L; garantizando principalmente que los electrodos de la sonda estuvieran sumergidos en el agua; así mismo, realizando movimientos circulares ininterrumpidos hasta que se estabilizaran los datos en el equipo; para entonces, hacer lectura de los datos generados (Fig. 7).





Figura 7. Lectura de parámetros fisicoquímicos en agua de pozo utilizando la sonda multiparamétrica.

#### **4.2. Lectura del agua en los ríos**

La sonda multiparamétrica se colocaba dentro del cauce del río, asegurándose de un flujo o corriente continuo de agua, evitando remanses; una vez estabilizados los valores se procedía a la lectura de los datos (Fig. 8).



Figura 8. Lectura de parámetros fisicoquímicos utilizando la sonda multiparamétrica en el río Bajo Güera

## **5. Identificación de las muestras**

Las muestras fueron rotuladas con el código previamente asignado al sitio, una vez rotulada la información, la etiqueta era protegida con cinta adhesiva, para evitar pérdida o deterioro de la información al estar en contacto con el agua.

## **6. Transporte y preservación de las muestras**

Para el transporte y preservación de las muestras se aplicó el siguiente procedimiento

- 6.1.El transporte de las muestras se llevó a cabo en hieleras, las cuales fueron ingresadas al laboratorio en un tiempo no mayor a 48 horas siempre con hielo.
- 6.2.Para preservar las muestras se acidificaron a pH menor a dos (2).

6.3. Se conservaron en neveras a  $\pm 4$  °C por un tiempo no mayor a los seis meses.

6.4. Las muestras de agua de río y pozo que serían fortalecidas con plaguicidas dimetoato y glifosato y como testigo sin tratamiento no se acidificaban.

## **H. Ensayos de laboratorios para la determinación de la dureza**

En el laboratorio de Control de Calidad de Plaguicidas se efectuó el ensayo para la determinación de la dureza del agua, por el método de titulación con EDTA SM 2340 C, aplicable para aguas naturales como: superficiales, marinas subterráneas, residuales y tratadas, establecido por Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. Originalmente la dureza se entendía como la capacidad del agua para precipitar el jabón, por la presencia de iones de magnesio y calcio presentes en el agua. Otros iones polivalentes pudieran de igual forma precipitar el jabón; usualmente, presentes de forma más compleja como constituyentes orgánicos. Su presencia en el agua puede ser mínimo pero difícil de definir. Actualmente la dureza total se define como la sumatoria de calcio y magnesio y se expresa como carbonato de calcio mg/L (APHA, 2014).

### **1. Materiales, equipos, reactivos y soluciones**

#### **1.1. Materiales**

Vaso químico de 100 y 250 mL, balón aforado 200 mL, pipetas Pasteur, pipeta de 1 mL, pipeta volumétrica de 25 mL, probeta de 25 mL, magneto y espátula.

#### **1.2. Equipos**

Balanza analítica, titulador automático METLER TOLEDO y medidor de pH marca HANNA (Fig.9).

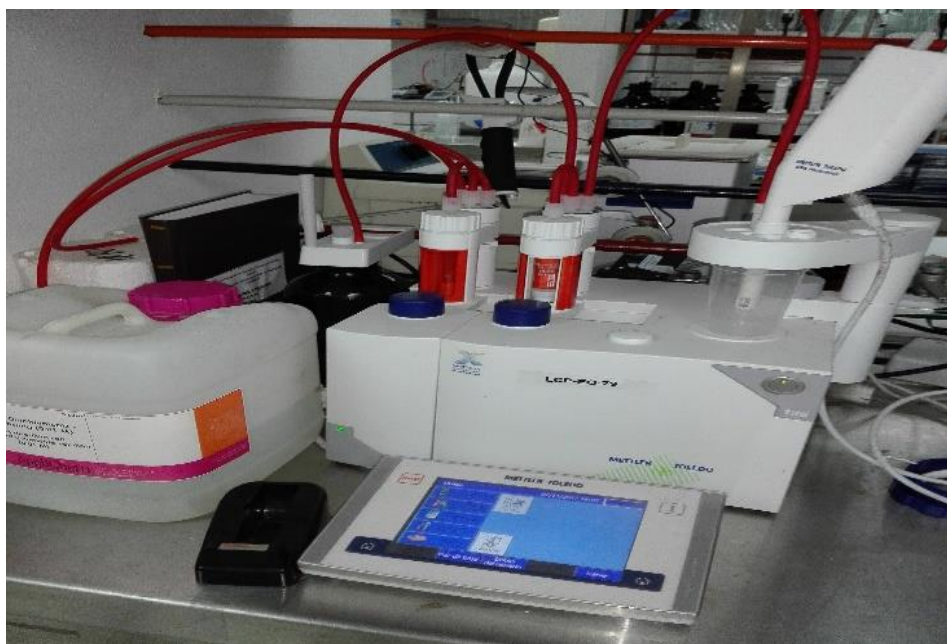


Figura 9. Titulador automático utilizado para determinar la concentración de  $\text{CaCO}_3$  en muestras de agua.

### **1.3. Reactivos y soluciones**

#### **1.3.1. Solución tampón**

La preparación de esta solución consistió en Disolver 1.179 g de sal disódica dihidratada del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) grado analítico y 780 mg de sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) en 50 mL de agua destilada. Posteriormente se agregó esta solución a 16.9 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 143 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  mezclando y diluyendo a 250 mL con agua destilada. Se Almacenó en frasco de vidrio color ámbar, por un periodo no mayor a un mes, tapado para prevenir la pérdida de amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) o el incremento del dióxido de carbono.

### **1.3.2. Indicador negro de eriocromo T**

Se disolvió 0.5 g del indicador en 100 mL de etanol. Se adiciono dos (2) gotas de indicador por cada 50 mL a ser titulado.

### **1.3.3. Solución estándar de EDTA**

Se utilizó una solución comercial de EDTA titulante 0,01 M.

### **1.3.4. Agentes complejantes**

No son necesarios para la mayoría de las aguas. En ocasiones, cuando el agua contenga iones de interferencia, se deberá añadir un complejante adecuado para lograr un cambio neto y exacto del color en el punto final. Son satisfactorios los siguientes:

#### **1.3.4.1. Inhibidor I de iones de interferencia**

En el ensayo no fue necesario ajustar las muestras; no obstante, dejo como referencia en el documento, lo indicado por el procedimiento. Ajuste las muestras ácidas a pH 6 o más con tampón de NaOH 0.1 N. Añada 250 mg de cianuro sódico (NaCN) en polvo. A continuación, añada tampón suficiente para ajustar a pH  $10 \pm 0.1$ .

#### **1.3.4.2. Inhibidor II de iones de interferencia**

Los inhibidores II de interferencia no se aplicaron, igualmente, queda en el documento lo sugerido por el autor. Disolver 5.0 g de sulfuro sódico no anhidro ( $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) o 3.7 g de  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 100 mL de agua destilada. La entrada de aire se evita con un tapón de goma fijado fuertemente. Este inhibidor se deteriora por oxidación, expuesto

al aire y produce un precipitado de sulfuro que oscurece el punto final cuando existen concentraciones apreciables de metales pesados.

## 2. Preparación de la muestra a titular

Previo a la titulación de las muestras, el titulador automático se encendía 30 minutos antes, debido a que el equipo requería ser calibrado, para el ensayo.

En un vaso químico de 140 mL se agregó un volumen de 25 mL de la muestra de campo y se diluyó hasta 50 mL agregando agua destilada, se adicionó un (1) mL de la solución tampón para llevar la muestra a  $\text{pH } 10 \pm 0.1$ .

Se colocó la muestra diluida en el titulador automático, asegurándose de que el magneto estuviera dentro del vaso químico, para la posterior agitación de la solución y se agregó dos (2) gotas de la solución indicadora de Negro de Eriocromo T. Se consideró que el volumen del titulante no superara los 15 mL de EDTA. Las muestras fueron analizadas en duplicados como un control del parámetro de la repetibilidad en la medición.

## 3. Cálculos

Los cálculos los generaba el equipo automáticamente, a la vez eran verificados manualmente; para ello, se creó una hoja de Excel y se agregaron las fórmulas en la plantilla.

Dureza (EDTA) como  $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ .  $\frac{A \times B \times 1000}{m \text{ L muestra}}$

Donde A= es el volumen consumido de EDTA.

Donde B =  $\text{mg CaCO}_3$  equivalente a 1 mL de EDTA titulante.

## I. Preparación de muestras para análisis de glifosato en aguas de pozo y ríos.

En el estudio, para determinar la degradación del plaguicida glifosato, se utilizaron técnicas de cromatografías en el laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas en Plantas y Productos Vegetales, para ello se requirió como paso previo la preparación de una solución madre glifosato en agua de río con una dureza media y glifosato en agua de pozo ubicada en la escala como dura). Para conocer la concentración real de esta solución, se utilizó el resultado del análisis cuantitativo de una muestra de glifosato, previamente analizada por el laboratorio, determinando una concentración 368.6 g/L. El panfleto del producto indicó, una dosis de campo de 1.5 L del formulado en 200 L agua / ha, lo que es igual a 750  $\mu$ L en 100 mL de agua. El cromatógrafo utilizado para los análisis se muestra en la (Fig.10).



Figura 10. Cromatógrafo Agilent Technologies 6430 triple cuadruplo LC/MS.

El cálculo de la solución se realizó de la siguiente manera: si 1.5 L es a 200 L en una regla de tres cuanto volumen requiero del formulado en 0.1 L (100 mL). El resultado de la regla de tres es que se requieren 750  $\mu$ L del formulado comercial.

La concentración de la solución madre será:

$$\frac{368.6 \text{ g/L} \times 0.00075 \text{ L}}{0.1 \text{ L}} = 2.7645 \text{ g/L}$$

Lo que es igual 2764.50 mg/L.

Dilución 1: Volumen final 250 mL concentración final 2 mg/ L. concentración inicial (solución madre) 2764.50 mg/L. ¿Cuánto necesito en volumen para lograr la concentración final de 2 mg/L?

En esta fórmula o ecuación tenemos a:

- $C_i$  = Concentración inicial
- $V_i$  = Volumen inicial
- $C_f$  = Concentración final
- $V_f$  = Volumen final

$$V_i C_i = V_f C_f$$

$$V_i = \frac{2 \text{ mg/L} \times 250 \text{ mL}}{2764.50 \text{ mg/L}} = 0.180 \text{ mL}$$

$$0.180 \text{ mL} (1000) = 180 \mu\text{L}$$

Cálculo del factor de dilución: se divide 2 764.50 mg/L entre 2 mg /L= 1 382.25

Dilución 2: Dilución 1: Volumen final 10 mL concentración final 0.1 mg/ L concentración inicial (primera dilución) 2 mg/L cuanto necesito en volumen para lograr la concentración final de 0.1 mg/L.

$$V_i C_i = V_f C_f$$

$$V_i = \frac{0.1 \text{ mg/L} \times 10 \text{ mL}}{2 \text{ mg/L}} = 0.5 \text{ mL}$$

$$0.5 \text{ mL} (1000) = 500 \mu\text{L}$$

Cálculo del factor de dilución: se divide 2mg/L entre 0.1 mg/L= 20



La primera 1382.25 el segundo factor de dilución que es 20 y dando como resultado 27645, como factor de dilución final.

El agua utilizada para el ensayo, fueron aquellas cercanas a las concentraciones promedio de  $\text{CaCO}_3$ . Una gráfica lineal del flujo de la muestra en el laboratorio (Fig. 11).



Figura 11. Diagrama del Flujo de la muestra hasta la emisión de los resultados.

#### **J. Preparación de muestras para análisis de dimetoato en aguas de pozo y agua desionizada.**

Para medir la degradación del dimetoato, insecticida que pertenece a la familia de los organofosforados, se utilizó un formulado comercial preparado con agua de pozo a una concentración de  $\text{CaCO}_3$  de 230 g/L, próxima al promedio determinado en el estudio y agua desionizada.

##### **Procedimiento**

La solución de trabajo de 4 ng/mL se preparó a partir de un formulado comercial del plaguicida dimetoato con una concentración teórica inicial de 400 g/L y densidad de 1.05 g/mL.

Datos\_iniciales del formulado comercial: ingrediente activo: dimetoato, densidad ( $\rho$ ): 1.05 g/mL y una\_concentración: 400 g/L

Ya que la diferencia entre la concentración inicial y la concentración de trabajo es muy grande se prepararán diluciones sucesivas hasta alcanzar la concentración de trabajo 4 ng/mL.

Paso 1. En la primera dilución se utilizó la densidad del producto comercial para calcular la masa del ingrediente activo que se disolverá según la siguiente ecuación:

$$g = \frac{\text{Concentración } C_2 \times \text{volumen final } V_2 \times \text{la densidad } (\rho)}{\text{Concentración inicial } C_1}$$

a) Primero se debe equiparar las unidades de medida de la concentración inicial y final

$$400 \frac{g}{L} \times \frac{100mg}{1g} \times \frac{1L}{1000mL} = \frac{400mg}{mL}$$

b) La masa del dimetoato necesaria para preparar una concentración de 1 mg/mL a partir de 400 mg/mL en un volumen de 50 mL será:

$$g = \frac{1 \frac{mg}{mL} \times 50 mL \times 1.05 g/mL}{400 mg/mL} = 0.13125 g$$

Para obtener una solución con una concentración de 1 mg/mL de dimetoato se debe disolver 0.13125 g de dimetoato en 50 mL de solvente y agitar hasta la disolución completa del producto.

Paso 2 - Para preparar las diluciones siguientes se utilizó la ecuación:

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$$

En donde:

$V_I$ = volumen inicial

$C_I$ = concentración inicial

$V_2$ = volumen final

$C_2$ = concentración final

- c) En la segunda dilución se utilizó la concentración final del cálculo realizado en el apartado (b) para preparar 50 mL con una concentración 0.01 mg/mL. Los datos serán los siguientes:

$$V_1=? \quad C_1= 1 \text{ mg/mL} \quad V_2= 50 \text{ mL} \quad C_2= 0.01 \text{ mg/mL}$$

$$V_1 = \frac{0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times 50 \text{ mL}}{1 \text{ mg/mL}} = 0.5 \text{ mL}$$

En la segunda dilución se agregó 0.5 mL de la primera dilución (0.01 mg/mL) y se aforó a 50 mL para obtener una concentración de 0.01 mg/mL.

- d) En la tercera dilución se utilizó la concentración final del cálculo realizado en el apartado (c) para preparar 100 mL con una concentración de 0.004 µg/mL. Los datos serán los siguientes:

$$V_1=? \quad C_1= 0.01 \text{ mg/mL} \quad V_2= 100 \text{ mL} \quad C_2= 0.004 \text{ mg/mL}$$

Primero se debe equiparar las unidades de medida de la concentración inicial y final.

$$0.01 \frac{\text{mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ µg}}{1 \text{ mg}} = 10 \frac{\text{µg}}{\text{mL}}$$

Luego se calcula el volumen necesario de la solución preparada para obtener 100 mL con una concentración de 0.004 µg/mL.

$$V_1 = \frac{0.004 \frac{\text{µg}}{\text{mL}} \times 100 \text{ mL}}{10 \text{ µg/mL}} = 0.04 \text{ mL}$$

Para preparar 100 mL de una solución de dimetoato con una concentración de 0.004 µg/mL (4 ng/mL) se requieren 0.04 mL de una solución con una concentración de 10 µg/mL.

$$0.004 \frac{\mu g}{mL} \times \frac{1000 \text{ ng}}{1 \mu g} = 4 \frac{ng}{mL}$$

#### K. Determinación de la estabilidad de la emulsión, propiedad fisicoquímica,

Para la prueba, primero, se determinó el promedio de la dureza por fuente de agua, luego se eligieron tres (3) plaguicidas de la clase insecticida: cipermetrina, dimetoato, y lambda cihalotrina; por lo que se sometieron a pruebas físicas de estabilidad de la emulsión, aplicando el criterio y las directrices establecidas por la FAO. Por lo anterior, se requiere de cinco (5) mL del formulado comercial y diluirlas en 95 mL de agua dura, es decir, para nuestro caso agua de pozo con una concentración de 230 g/L de  $\text{CaCO}_3$ .

En primer lugar, el baño se enciende y se deja atemperando, hasta alcanzar la temperatura ajustada previamente a 30 °C, seguido, la probeta de 100 mL que contiene la muestra de agua de pozo, se sumerge en el baño por 30 minutos; posteriormente, se le agregan los cinco (5) mL del plaguicida; seguidamente, se agita 30 veces, en seguida se hace la primera lectura, nuevamente, se sumerge en el baño y se hacen dos (2) lecturas posteriores a las dos (2) y 24 horas respectivamente.(Fig.12).



Figura 12. Muestra previo a la lectura de estabilidad de la emulsión después de agitada vigorosamente 30 veces.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dureza

Las muestras de ríos y pozos, analizadas en el Laboratorio de Control de Calidad de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, utilizando el método de análisis estandarizado Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, resultaron con dureza, media dura para ríos a la vez dura en pozos de acuerdo con la escala EPA (Fig. 13).

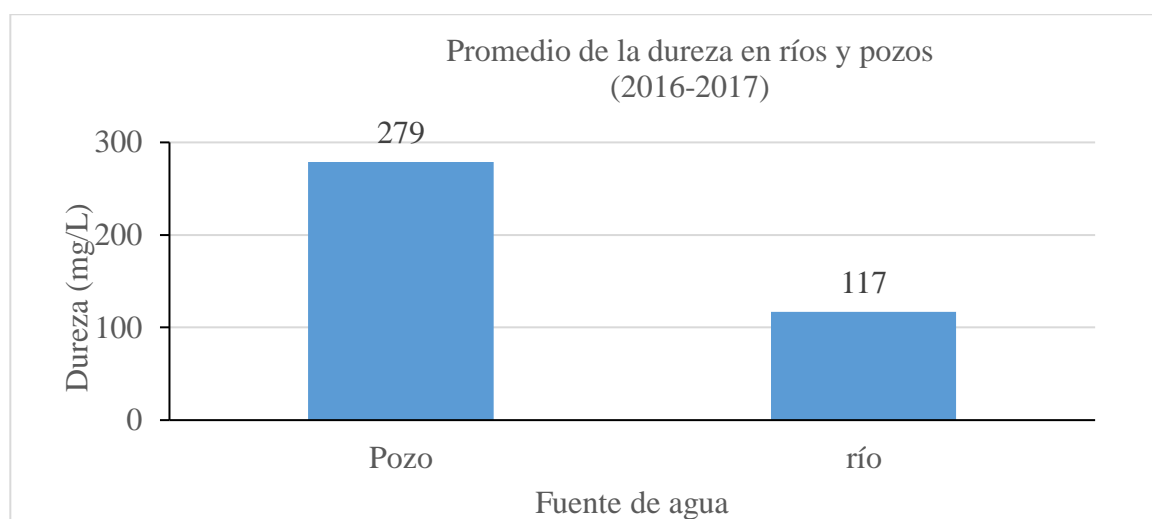


Figura 13. Comparación de los promedios de la dureza determinados en agua de ríos y pozos.

Por consiguiente, la dureza del agua en los 16 sitios muestreados se clasificó de la siguiente manera: el 6.25 % de los sitios corresponden a la escala suave, mientras que el 37.5 % medianamente dura. No obstante, el 50 % de los sitios coinciden con la categoría dura de la escala citada y 6.25 % como muy dura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de dureza, según la escala de EPA, en los 16 sitios muestreados ocho (8) pozos y ocho (8) ríos 2016- 2017.

<b>Clasificación dureza del agua</b>	<b>Escala de EPA</b>	<b>Sitios</b>	<b>%</b>
Aguas blandas	< 75	1	6.25
Moderadamente dura o semidura	75 - 150	6	37.5
Duras	150 - 300	8	50
Muy duras	> 300	1	6.25

Sin embargo, al analizar la dureza de los ríos, resultó que, el 75 % de las fuentes de agua, corresponden según la escala de EPA a moderada o medianamente dura, el 12.5 % a blanda y el otro 12.5 % a dura (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de dureza y distribución porcentual, según la escala de EPA, en los ocho (8) ríos 2016-2017.

<b>Clasificación dureza del agua</b>	<b>Escala de EPA</b>	<b>Ríos</b>	<b>%</b>
Aguas blandas	< 75	1	12.5
Moderadamente dura o semidura	75 - 150	6	75
Duras	150 - 300	1	12.5
Muy duras	> 300	0	0

Al analizar los datos correspondientes a las muestras de pozos, resultó que el 87. 5 % de las muestras se ubican dentro de la escala en duras y el 12.5 % muy duras (Cuadro 3).

Estos datos se acercan porcentualmente, a los resultados obtenidos en el estudio de aguas subterráneas, en la provincia de Los Santos (ANAM, 2013).

Cuadro 3. Clasificación de dureza y distribución porcentual, según la escala de EPA, en los ocho (8) pozos 2016-2017.

Clasificación dureza del agua	Escala de EPA	Pozos	%
Aguas blandas	< 75	0	0
Moderadamente dura o semidura	75 - 150	0	0
Duras	150 - 300	7	87.5
Muy duras	> 300	1	12,5

Sin lugar a duda, estos resultados permiten establecer que la dureza presente en las fuentes de agua estudiadas, contienen una dureza con valores que pudieran afectar la efectividad de los plaguicidas; estos resultados fueron corroborados por otros autores (Beard, 2001) y (Papa, 2004). Quienes reportaron que el agua dura afectó la eficiencia de los herbicidas; además, los insecticidas son mucho más susceptibles a hidrólisis que los fungicidas, herbicidas, defoliantes o bien, reguladores de crecimiento.

#### Comportamiento del pH en ríos y pozos

El pH, en ríos resultó ser mayor que en pozos; además, se determinó que el 56.25 % de las muestras de ríos arrojaron un pH de 7 y un 43.75 % de 8, a la vez el 87 % de las muestras de río marcaron un pH por encima de 7.5 y como máximo 8.5.

Con respecto al pH en pozos, igualmente el 87 % de los sitios estuvieron por encima del 7.5 de pH con un máximo de 8.3 y mínimo de 7.3 (Fig. 14 y Cuadro 4).

Al comparar los resultados, estos coinciden con los realizados por ANAM (2013) y (Dalvos, 2008). Por lo tanto, algunos autores sugieren, que el pH óptimo de los plaguicidas como promedio es de cinco (5), según Vivod, (2010). Sin embargo, otros autores concluyeron que el pH del agua no afecta la efectividad de los herbicidas en el control de las malezas (Gómez, et al 2006).

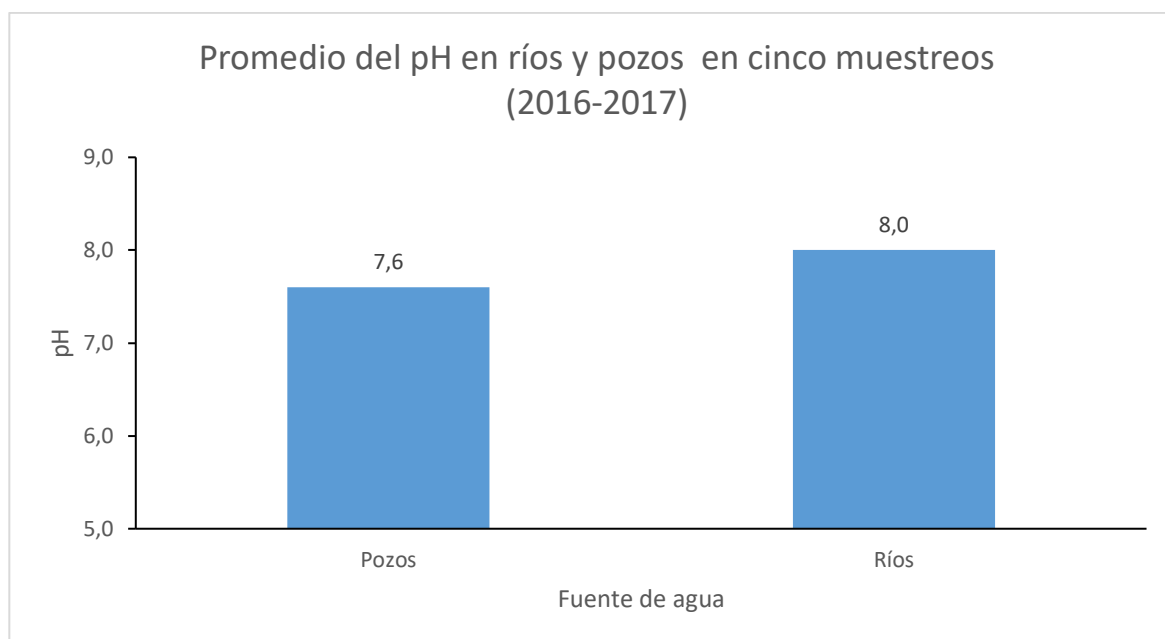


Figura 14. Valores de pH promediados, durante los cinco (5) muestreos en pozos y ríos de la provincia de Los Santos, en los distritos de: Macaracas, Guararé, Los Santos y Las Tablas periodo 2016-2017.

Cuadro 4. Comportamiento del pH de los cinco (5) muestreos, en agua ríos y pozos 2016-2017.

Promedios de pH en ríos		Promedios de pH en pozos	
Tonosí	8.3	La Pasera	7.4
Tebario	7.8	Tablas Abajo	7.7
Sarió	7.3	Tres Quebradas	8.3
La Villa	7.9	Ciénega Larga	7.5
Gato	8.2	Llano Abajo	7.7
Estibaná	8.4	Sabana Grande	7.5
Bajo Güera	8.5	Tonosí Centro	7.5
La Bonita	7.9	Tres Quebrada	7.6

#### Solidos totales disueltos TDS

Los promedios de salinidad de los cinco (5) muestreos, en los 16 sitios, con 80 muestras entre ríos y pozos, resultaron con una concentración promedio de 268 mg/L para pozos y 161 mg/L en los ríos, de modo que el 100 % de las muestras de pozos superaron



200 mg/L y el 98,75 % de los sitios estuvieron debajo de 500 mg/L, no obstante, se obtuvieron valores que superaron los 500 mg/L; por otro lado, en los ríos el 97,5 % de las muestras estuvieron por debajo de los 200 mg /L. Estos resultados no coinciden con los reportados por ANAM (2013), por lo que pudiera obedecer a que en nuestra investigación no se incluyeron sitios próximos a las costas en los distritos de Los Santos, Tonosí, Guararé y Las Tablas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comportamiento de la salinidad TDS, de los cinco (5) muestreos, en ríos y pozos 2016-2017.

Promedio de salinidad mg/L TDS en ríos		Promedio de salinidad mg/L TDS en pozos	
Tonosí	145	La Pasera	260
Tebario	106	Tablas Abajo	290
Sarió	120	Tres Quebradas	437
La Villa	78	Ciénega Larga	273
Gato	103	Llano Abajo	237
Estibaná	89	Sabana Grande	287
Bajo Güera	109	Tonosí Centro	300
La Bonita	174	Tres Quebrada	339

#### Conductividad eléctrica CE

Los valores promedios obtenidos de conductividad eléctrica, para la misma cantidad de muestreos, sitios y número de muestras en el estudio, resultaron, en 519  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y valores máximos de 1 041  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y como mínimo de 256  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los pozos. Por otro lado, el promedio determinado en los ríos fue de 320  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con valores máximos y mínimos de 609 y 152  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente (Cuadro 6).

De acuerdo con (Dalvos 2008 y Montana 2013), cuando la conductividad eléctrica es menor a 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , resulta imposible que la eficiencia de cualquier plaguicida resulte afectada negativamente. Por consiguiente, en esta investigación la CE en determinados

sitios resultaron con valores superiores, por lo que pudieran afectar sin lugar a duda la eficacia de los plaguicidas.

Cuadro 6. Comportamiento de la conductividad eléctrica  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de los cinco (5) muestreos, en ríos y pozos 2016-2017.

Promedio de conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ríos		Promedio de conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pozos	
Tonosí	254	La Pasera	521
Tebario	212	Tablas Abajo	580
Sarió	240	Tres Quebradas	873
La Villa	156	Ciénega Larga	568
Gato	207	Llano Abajo	475
Estibaná	177	Sabana Grande	573
Bajo Güera	219	Tonosí Centro	600
La Bonita	348	Tres Quebrada	679

#### Degradación de los plaguicidas dimetoato y glifosato

En cuanto a la degradación de los plaguicidas glifosato y dimetoato, en función al medio acuoso utilizado: agua dura, agua suave y agua desionizadas podemos indicar que:

El plaguicida glifosato, contrastando las muestras de ríos en su parte alta, media y baja, con una dureza promedio inferior a 75 mg/L y agua de pozo con una dureza promedio de 364 como máxima, de 576 y mínima de 239 mg/L respectivamente se logró determinar una reducción del 32 % del formulado comercial ( Fig.15 y Cuadro 7).

En los resultados de (Allieri y Papa 2008) aseguran que la mala calidad fisicoquímica del agua como vehículo es un factor capaz de afectar al glifosato, en la eficacia del tratamiento. Además, (Arróspide, 2016 y Vivod, 2010), coinciden que los plaguicidas formulados como sales, glifosato y el 2,4-D amina, son severamente afectados por la presencia de minerales presentes en el agua de pozo. En resumen, las concentraciones de dureza del agua presentes principalmente en el agua de pozo pudiesen comprometer el tratamiento de los herbicidas.

Nuestros datos y los reportados por Leiva, (2010), con respecto al herbicida glifosato; la dureza del agua produce como consecuencia una fuerte inactivación parcial, por consiguiente, reduce los porcentajes de control.

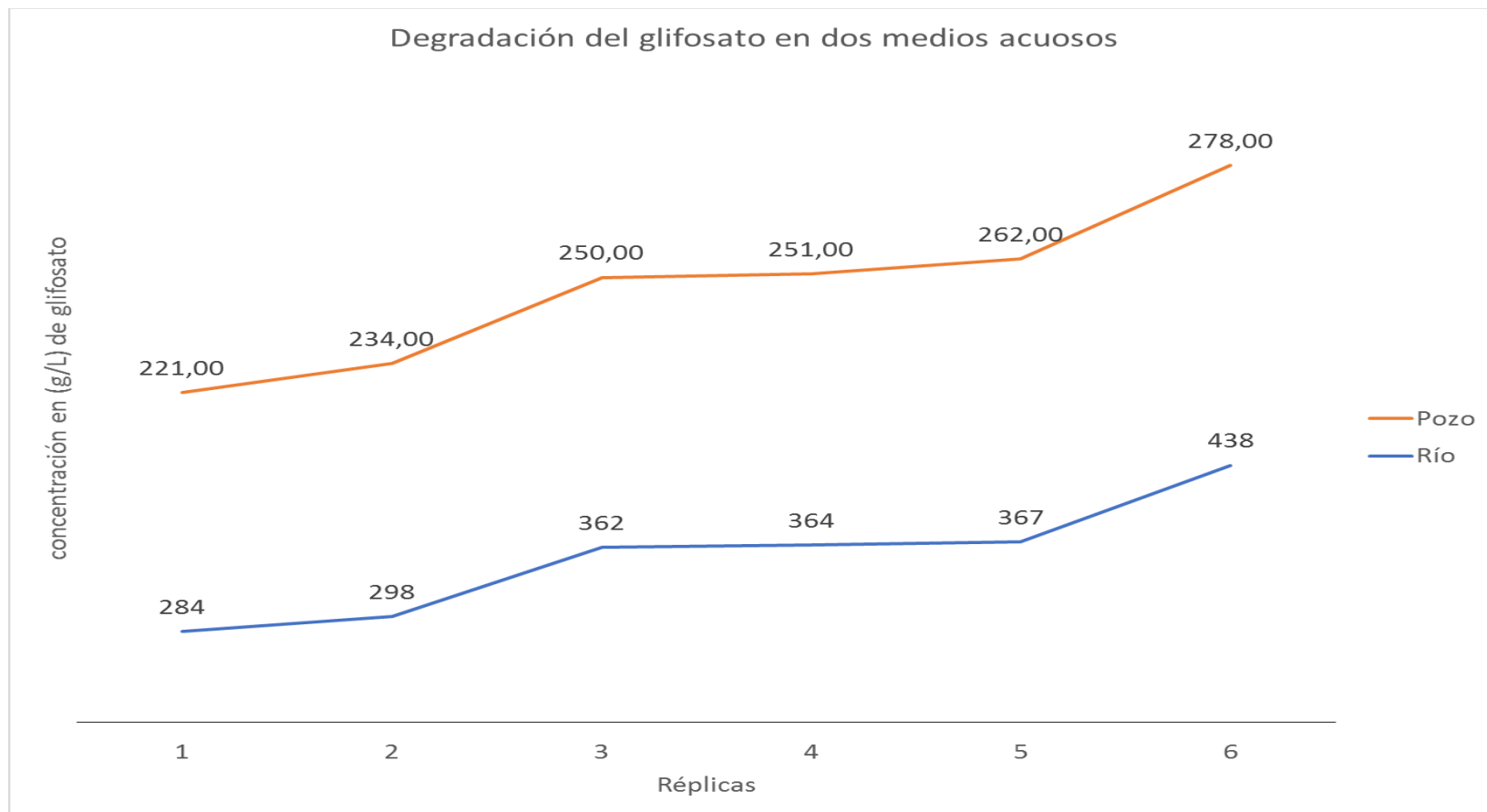


Figura 15. Degradación del plaguicida glifosato, a diferentes durezas de ríos y pozos 2016-2017.

Cuadro 7. Impacto de la dureza del agua de ríos y pozos al plaguicida glifosato 2016-2017.

<b>Degradación en g/L de glifosato en dos diferentes medios acuosos</b>			
<b>Dureza g/L de agua de pozo</b>	<b>g/L de glifosato</b>	<b>Dureza g/L</b>	<b>g/L de glifosato</b>
<b>239</b>	221	67	284
<b>277</b>	234	46	298
<b>239</b>	250	46	362
<b>576</b>	251	67	364
<b>277</b>	262	77	367
<b>576</b>	278	77	438

Por otro lado, cuando se comparó la degradación del dimetoato, entre las soluciones preparadas con agua desionizada dureza de cero (0) y agua de pozo con una dureza de 239 mg/L, se determinó, un 34.2 % de reducción del I.A, en la solución preparada con agua de pozo y 7.4 % en agua desionizada (Fig. 16 y Cuadro 8).

Ciertamente, los resultados obtenidos en esta investigación, indican que los insecticidas organofosforados son susceptibles a la hidrólisis, También, reportado por (Beard, 2001).

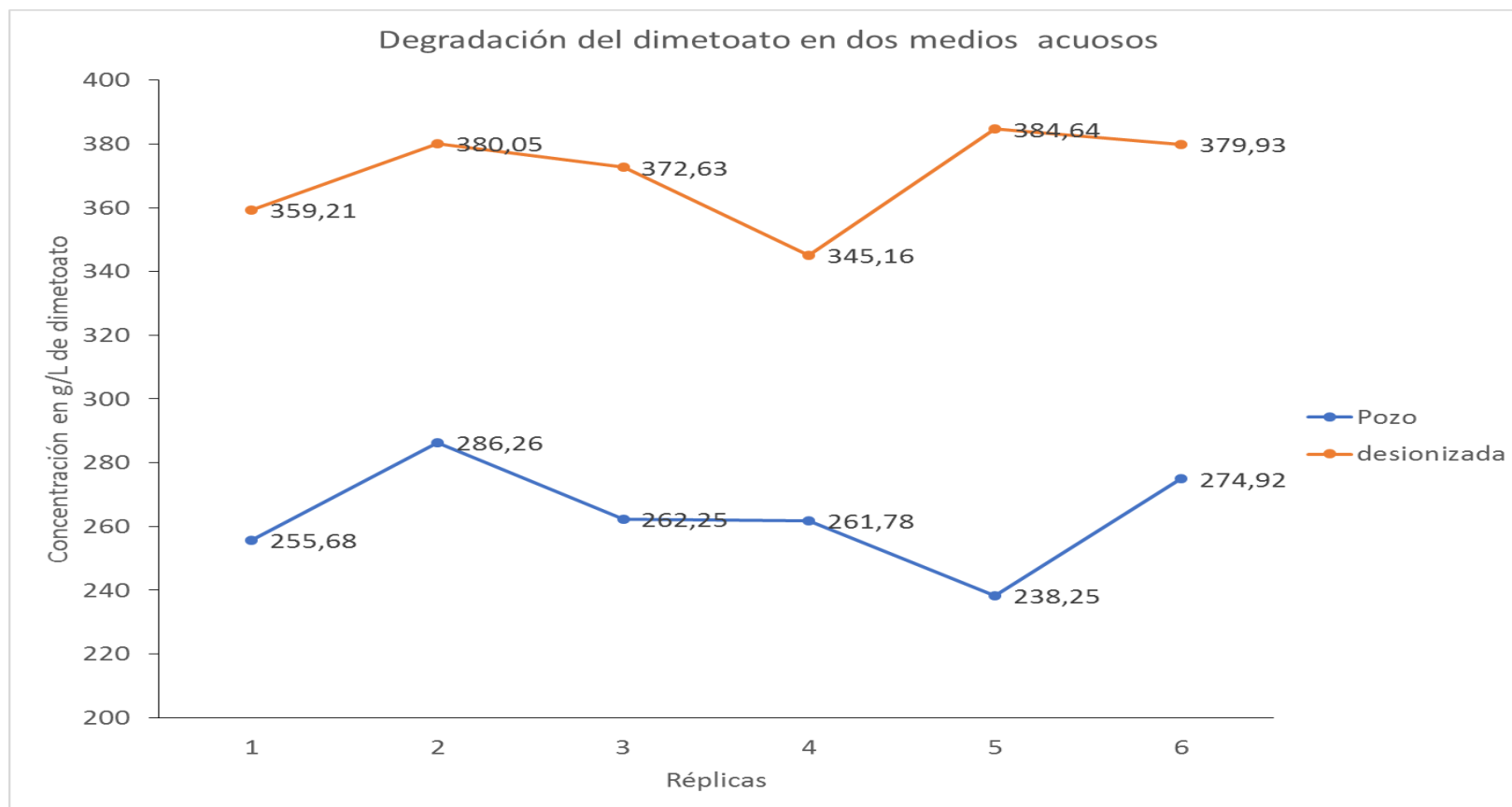


Figura 16. Degradación del plaguicida dimetoato, en agua desionizada y agua de pozo 2016-2017.

Cuadro 8. Impacto de la dureza del agua, al plaguicida dimetoato en dos (2) medios acuosos, a distintas concentraciones de dureza 2016-2017.

<b>Degradación en g/L del dimetoato</b>			
<b>Dureza g/L en agua de pozo</b>	<b>Concentración de dimetoato después del tratamiento</b>	<b>Dureza g/L del agua Desionizada</b>	<b>Concentración de dimetoato después del tratamiento</b>
<b>239</b>	255.68	0	359.21
<b>239</b>	286.26	0	380.05
<b>239</b>	262.25	0	372.63
<b>239</b>	261.78	0	345.19
<b>239</b>	238.25	0	384.64
<b>239</b>	274.92	0	379.93

#### Verificación estadística a los resultados del dimetoato

Se aplicó la prueba t de Student, a los promedios, para la comparación de medias aplicadas a muestras independientes, con una significancia (Sig.) de 0.00, para el tratamiento con dimetoato en mezclas de agua de pozo y agua desionizada, por lo que queda demostrado que a un nivel de confianza de 95 % es decir, para un  $\alpha = 0.05$  sin lugar a duda se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los promedios en cuanto a la concentración

del dimetoato g/L son diferentes entre el pozo y el agua desionizada (Cuadro 9, 10 y Fig. 17).

Cuadro 9. Comparación de medias y desviación estándar de la degradación del dimetoato en dos medios acuosos distintos, agua desionizada y agua de pozo.

Estadísticas de Concentración de dimetoato g/L

Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Desionizada	6	370.2750	15.18131	6.19774
Pozo	6	263.1900	16.43833	6.71092



Cuadro 10. Estadístico de la Prueba t de Student para muestras independientes.

Tabla 2.Prueba de muestras independientes									
Concentrac ión de dimetoato g/L	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	.007	.933	11.722	10	.000	107.08500	9.13501	86.73092	127.43908
No se asumen varianzas iguales			11.722	9.937	.000	107.08500	9.13501	86.71352	127.45648

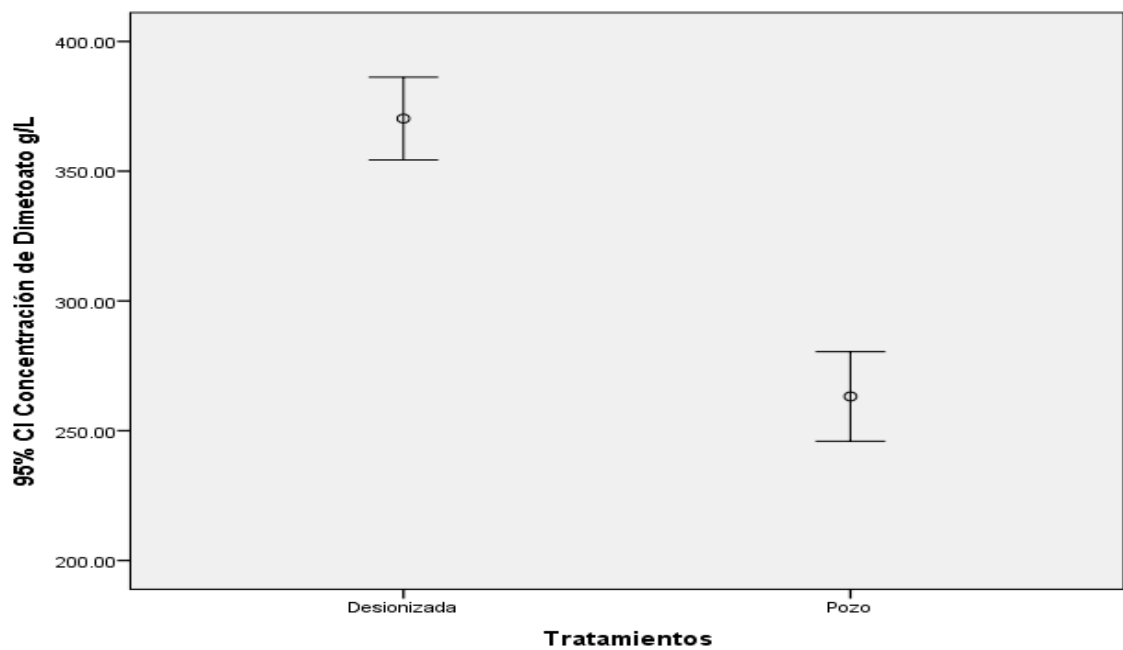


Figura 17.Análisis de varianza del dimetoato en dos medios acuosos.

## Resultados estadísticos del glifosato

Al comparar las medias de los promedios, para muestras independientes con una significancia (Sig.) de 0.02 para el tratamiento con glifosato en mezclas de agua de pozo y agua de río, a un nivel de confianza de 95 % es decir, para un  $\alpha = 0.05$  se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los promedios en cuanto a la concentración del glifosato g/L son diferentes entre el agua de pozo y río (Cuadro 11, 12 y Fig. 18).

Cuadro 11. Comparación de medias y desviación estándar de la degradación del glifosato en dos medios acuosos distintitos, agua de pozo y río.

Estadísticas de Concentración de Glifosato g/L				
Concentración de glifosato g/L	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pozo	6	249.3333	20.11633	8.21246
Río	6	352.1667	55.50646	22.66042

Cuadro 12. Prueba de Levene de igualdad de Varianzas para muestras independientes.

**Tabla 4, Prueba de muestras independientes**

Concentración de glifosato g/L	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	3.338	.098	-4.266	10	.002	-102.83333	24.10267	-156.53744	-49.12923
No se asumen varianzas iguales			-4.266	6.291	.005	-102.83333	24.10267	-161.15507	-44.51159

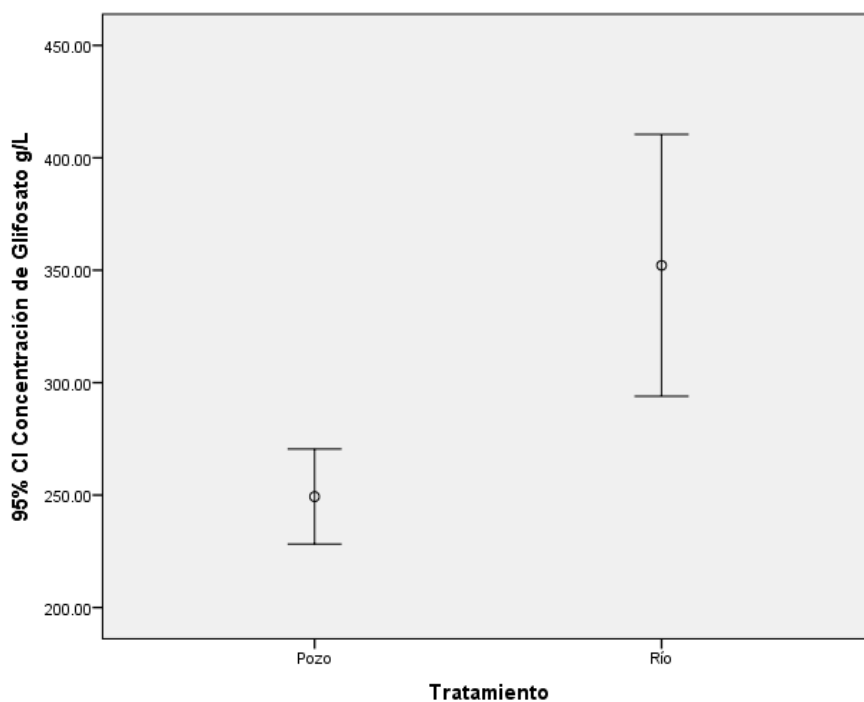


Figura 18. Análisis de varianza del glifosato en dos medios acuosos.

Prueba de estabilidad de la emulsión EC.

En la prueba de estabilidad, no hubo formación de cremado superior a cuatro (4) mL, ni anillos oleaginosos que indicara efectos adversos a la formulación, como consecuencia de la dureza utilizada. Al contrastar los resultados de la dureza obtenida de 230 mg/L, con los criterios de FAO, para la estabilidad de la emulsión resultó insuficiente debido a que la dureza utilizada para ese ensayo es de 342 mg/L.

## CONCLUSIONES

En esta investigación, se determinó la existencia de dureza del agua en ríos y pozos de los sitios muestreados de la provincia de Los Santos.

La concentración de dureza  $\text{CaCO}_3$  determinada en pozos de las áreas agrícolas de la provincia de Los Santos, estuvieron por encima de los 151 mg/L, ubicándolas en la escala de la EPA, como agua dura y en los puntos de Tres quebrada y Sabana Grande como muy duras arriba de 300 mg/L; por lo que, pudiera verse comprometida la eficacia de una diversidad de plaguicidas, especialmente aquellos plaguicidas correspondientes a las familias de los fenólicos y fosfónicos.

La dureza determinada en ríos, según la escala de EPA se clasificaron, como aguas semiduras, con concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  entre los 75 y 150 mg/L, con valores superiores a 150 mg/L se localizaron en el distrito de Tonosí, en consecuencia, pudiera ser un problema, para los propósitos que conlleva el uso de plaguicidas en el manejo de plagas agrícolas, en la provincia de Los Santos.

El pH en agua de pozos y ríos se determinó por encima de 7, es por ello que, estos resultados se constituyen un factor de la calidad del agua a considerar, al momento de realizar una aplicación.

La conductividad eléctrica, de todas las muestras de pozos resultaron con valores cercanos 500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; además, al comparar los datos entre, la CE Y TDS, se verificó que existe una relación de proporcionalidad, donde a mayor conductividad presente en el agua, mayor es la salinidad; por lo que, los valores obtenidos, no reflejan interferir en la efectividad de los plaguicidas, sin embargo, por la cercanía al valor umbral de 500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; no puede descartarse como un posible problema

La temperatura, de acuerdo con los datos recabados de los diferentes medios acuosos, resultó ser menor en agua de río.

La degradación de los plaguicidas evaluados dimetoato y glifosato, según la dureza promedio determinada para los ríos y pozos del área de estudio, se demostró que había estadísticamente diferencias significativas.

Se determinó en el estudio, que la dureza del agua utilizada, para evaluar prueba de estabilidad de la emulsión de los plaguicidas: dimetoato, lambda cyhalotrina y cipermetrina, de acuerdo con los parámetros establecidos por la FAO y la OMS, a formulaciones concentrado emulsionable EC, no incidieron en la estabilidad del formulado.

La dureza presente en el agua, utilizada en las aspersiones de los productos fitosanitarios afecta considerablemente las propiedades fisicoquímicas de los plaguicidas en estudio.

Los métodos utilizados para la realización de los análisis de laboratorio, resultaron ser amigables y robustos.

## **RECOMENDACIONES**

Los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas me permiten el planteamiento de las siguientes recomendaciones:

Caracterizar la hidroquímica de las aguas subterráneas y ríos en los distritos de la provincia de Los Santos no incluidos en éste estudio.

Establecer un programa de control, por las instituciones vinculadas al sector, para verificar la calidad fisicoquímica de las fuentes de agua.

Diseñar una investigación que incorpore la utilización de coadyuvantes, para corregir las posibles interferencias del pH y dureza.

Ampliar el estudio a otros plaguicidas, mayormente utilizados en el área de investigación.

Utilizar en futuros ensayos aguas muy duras, para la prueba de estabilidad de la emulsión.

## LITERATURA CITADA

- ALLIERI, LA.; PAPA, JC.** 2008. Efecto de la Dureza Del Agua sobre la Eficacia de Distintas Formulaciones de Glifosato. INTA - EEA Oliveros. (En Línea). Revista Para Mejorar la Producción 39, Soja. p. 90-91. Consultado el 8 de junio del 2018. Disponible en [https://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Agua%20y%20glifosato.pdf?op=d&ticket\\_id=10339&evento\\_id=21463](https://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Agua%20y%20glifosato.pdf?op=d&ticket_id=10339&evento_id=21463).
- ANAM. (AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE, PA).** 2013. Las aguas subterráneas de la región del arco seco y la importancia de su conservación. Panamá, Panamá Editora Novo Art, S.A.
- ANAM. (AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE, PA).** 2013. Diagnóstico Ambiental Participativo de la Subcuenca del Río Estibaná, Cuenca del Río La Villa. The Louis Berger Group, INC. – AFQ 441.115p.
- ANAM (AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE, PA).** 2008. Plan Nacional Para La Gestión Integrada De Los Recursos Hídricos Panamá 2008-2012. 20 p.
- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, US)** 2014. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC.: Pendiente.
- ARROSPIDE, G.** 2016. Criterios para el uso de Aditivos y Coadyuvantes. (En línea). Canelones Uruguay Consultado el 8 de abril del 2018. Disponible en [http://www.calister.com.uy/wpcontent/uploads/2016/06/1311182916Criterios\\_para\\_el\\_uso\\_de\\_Aditivos\\_y\\_Coadyuvantes.pdf](http://www.calister.com.uy/wpcontent/uploads/2016/06/1311182916Criterios_para_el_uso_de_Aditivos_y_Coadyuvantes.pdf).
- BEARD, HM.** 2001. Effect of Water pH on the Chemical Stability of the Pesticides. Cooperative Extension. Logan UT 84322-4620: Utha state University.
- CASAFE, (CÁMARA DE SANIDAD AGROPECUARIA Y FERTILIZANTES (ARG)).** 2016. Calidad de agua en las aplicaciones. (En Línea, sitio web). Buenos Aires Argentina. Consultado el 18 de junio de 2018. Disponible en <http://www.casafe.org/calidad-de-agua-en-las-aplicaciones/>.
- CGRP. (CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ, PA).** 2010. División política administrativa de la República de Panamá, provincia de Los Santos, por distritos año: 2010. (En Línea, sitio web). Panamá. Consultado 18 de octubre de 2018. [http://www.contraloria.gob.pa/INEC/archivos/0.616523403\\_Distrital\\_LoSantos.pdf](http://www.contraloria.gob.pa/INEC/archivos/0.616523403_Distrital_LoSantos.pdf)

- DALVOS, M. 2008.** Uso Eficiente del Agua en Pulverizaciones. Monografía Curso de Posgrado Bases del Diagnóstico Ambiental en Sistemas Agropecuarios Agrícolas. (En línea). Buenos Aires argentina. Consultado el 10 de agosto del 2018. Disponible en <http://poweragro.com.ar/site/wp-content/uploads/2014/10/Uso-Eficiente-del-Agua-en-Pulverizaciones-Agr%C3%ADcolas.pdf>.
- DEVKOTA, P.; JOHNSON, WG. 2016.** Glufosinate Efficacy as Influenced by Carrier Water pH, Hardness, Foliar Fertilizer, and Ammonium Sulfate. Weed Technology. (En Línea, Sitio web). Estados Unidos. Consultado el 18 de abril de 2018. Disponible en <http://doi.org/10.1614/WT-D-16-00053.1>
- FACCINI, D.; PURICELLI, E. 2010.** Efecto de la dureza del agua y del sulfato de amonio sobre la eficacia de herbicidas de barbecho químico en *Carduus acanthoides* y *Conyza bonariensis*. (En Línea). Ciencias Agronómicas - Revista XVI - Año 10 - 2010 / 013 – 016. Consultado el 8 de junio del 2018. Disponible en [http://www.cienciasagronomicas.unr.edu.ar/revista/articulos/CA-2010\\_a10\(XVI\)013-016.pdf](http://www.cienciasagronomicas.unr.edu.ar/revista/articulos/CA-2010_a10(XVI)013-016.pdf).
- GARCÍA RUIZ, I. AND SÁNCHEZ ORTIZ, M. 2005.** Influencia del pH del agua sobre la efectividad de varios herbicidas utilizados en caña de azúcar Fitosanidad, vol. 9, núm. 3, septiembre 2005 pp. 37-40. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal La Habana, Cuba. (En línea). Consultado el 10 de agosto del 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116189007->
- GÓMEZ, JM.; VARGAS, A. AND MISELEM, JM. 2006.** Efecto del pH del Agua en la Efectividad de los Herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butil y Bentazon (en Línea). Honduras. Ceiba, 2006. Volumen 47(1-2):19-23. Consultado 18 de octubre del 2017. Disponible en <file:///G:/17%20julio%202018%20tesis/datos%20de%20tesis/443-1369-1-PB.pdf>.
- LEIVA, PD. 2010.** Consideraciones Generales sobre la Calidad de Agua para Pulverización Agrícola. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Pergamino. (En línea). Buenos Aires Argentina. Consultado el 28 de feb. 2015. Disponible en <http://sindag.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Consideraciones-generales-sobre-calidad-de-agua-para-pulverizaci%C3%B3n-agr%C3%ADcola.pdf>.
- MÉNDEZ; GUTIÉRREZ-GONZÁLEZ, PRADO, R. 1999.** Factores que afectan a la eficacia del Glifosato. (En Línea). Córdoba, España. Consulto el 12 de mayo del 2018. Disponible en [https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Agri/Agri\\_1999\\_799\\_146\\_149.pdf](https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_1999_799_146_149.pdf).



- MERCOSUR.COM. 2018.** Cómo afecta la calidad del agua a los formulados fitosanitarios. (En línea, sitio web). Buenos Aires Argentina. Consultado 22 de junio de 2018. Disponible en <https://blog.mercosur.com/calidad-del-agua-fitosanitarios/>
- METROFLOR CO. 2016.** Factores que Afectan la Calidad del Agua de uso Agrícola (en Línea, sitio web). Bogotá Colombia. Consultado el 14 de junio 2018. Disponible en <http://www.metroflorcolombia.com/factores-que-afectan-la-calidad-de-aguas-de-uso-agricola/>
- MONTANA STATE UNIVERSITY. 2016.** Pesticides Performance and Water Quality. (En Línea, sitio web). Montana Estados Unidos. Consultado 14 de oct. De 2018. Disponible en [http://msuextension.org/lewisclark/documents/MSU\\_Pesticide\\_Performance\\_and\\_Water\\_Qual.pdf](http://msuextension.org/lewisclark/documents/MSU_Pesticide_Performance_and_Water_Qual.pdf).
- MOSQUERA PÉREZ, C. 2012.** Interacciones del Herbicida Fomesafen con la adición del regulador de pH Sinercid- Buffer. (Línea). Tesis ing. Agronomo. Consultado 10 de mar. 2015. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1240/1/3400.pdf>.
- PAPA, JC. 2004.** Evaluación de Eficacia de varias Formulaciones de Glifosato. (En Línea) Buenos Aires Argentina consultado abril 2018 disponible en <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.php?id=34407&se=1000>.
- PAPA, JC. s.f.** Efecto sobre la eficacia de glifosato del empleo de agua rica en calcio como vehículo para su aplicación. Buenos Aires Argentina. (En Línea). Consultado el 9 de junio del 2018. Disponible en <http://www.quimeco.com.ar/uploads/informe/archivos/informe-32.pdf>.
- PURDUE UNIVERSITY. 2012.** Purdue weed Sience. (En Línea, sitio web). Estados Unidos consultado el 04 de agos. 2017. Disponible en [https://ag.purdue.edu/btny/weedscience/documents/water\\_quality.pdf](https://ag.purdue.edu/btny/weedscience/documents/water_quality.pdf).
- RODRÍGUEZ, NM. 2010.** Calidad de agua y agroquímicos: agua y herbicida (en línea). Buenos Aires Argentina consultado 5 marzo. 2015 Disponible en <https://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/>
- SPRAYER 101 s.f.** Water Quality and Spray Application. (En Línea, Sitio Web) Estados Unidos Consultado el 15 de agosto de 2017. Disponible en <http://sprayers101.com/water-quality-and-spray-application/>
- UAP (UNITED AGRI PRODUCTS CA). (S.F).** Water quality impact on pesticides performance. (En Línea). Canada. Consultado 18 de oct. 2017. Disponible en [http://www.uap.ca/products/documents/UAP\\_ChoiceWeatherMaster\\_WhitePaper8.5x11\\_LoRez.pdf](http://www.uap.ca/products/documents/UAP_ChoiceWeatherMaster_WhitePaper8.5x11_LoRez.pdf)

**VIVOD, EP. 2010.** Calidad del Agua Subterránea para usos Agropecuarios en el Departamento de Villaguay Entre Ríos. UUGMDOMS.

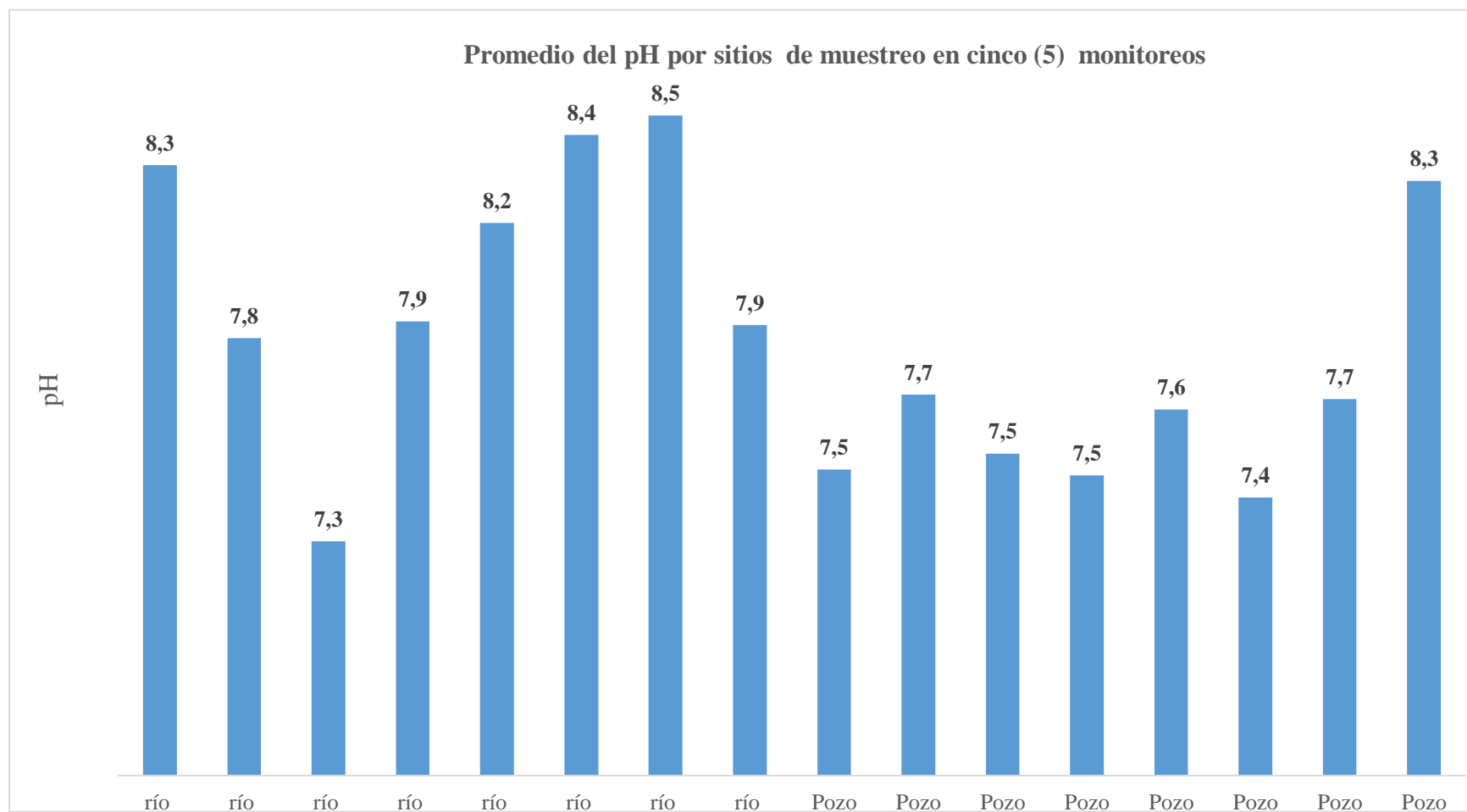
## ANEXOS

### ANEXO I. Propiedades fisicoquímicas promediadas, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.

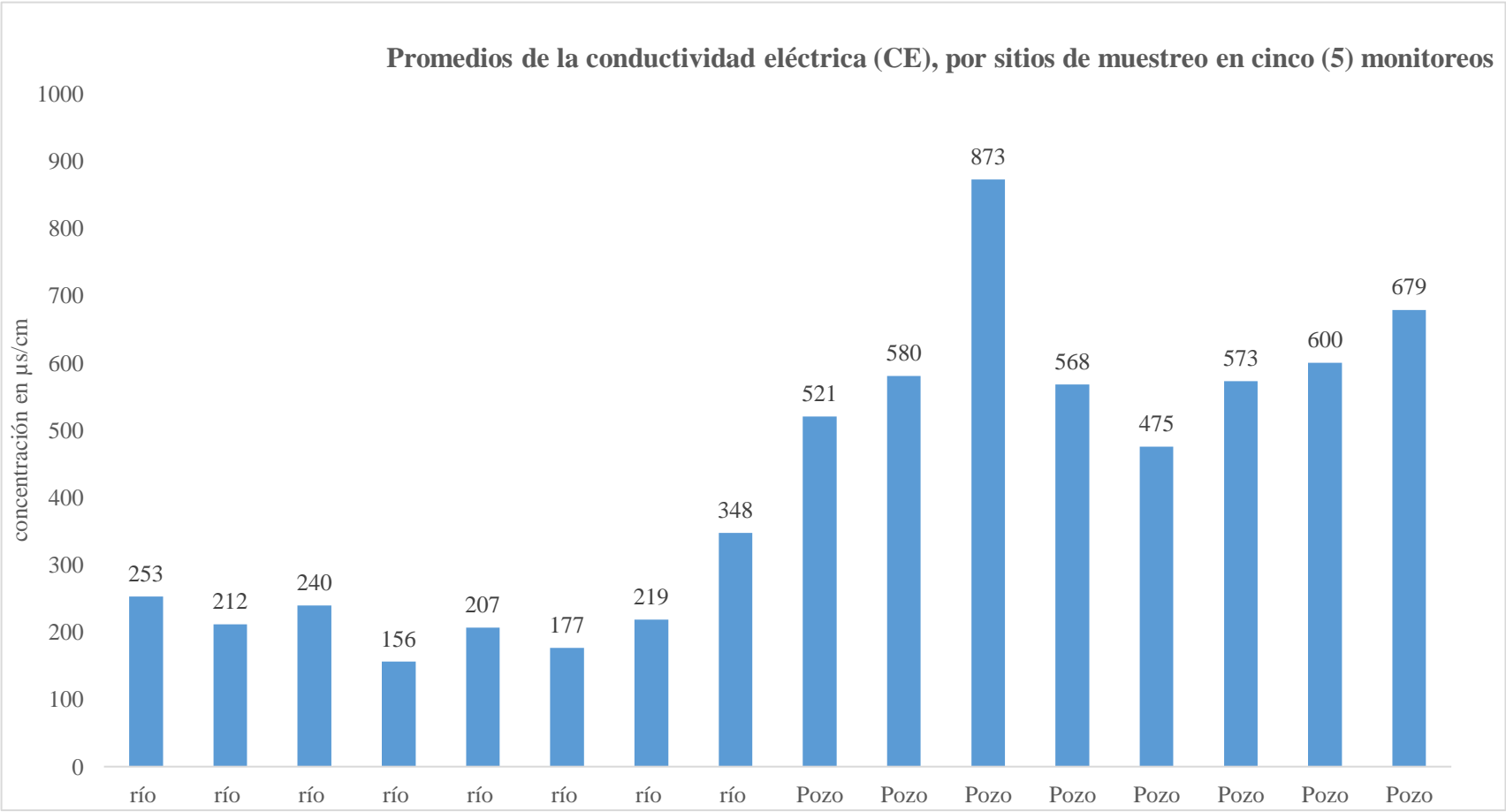
Los promedios fisicoquímicos por puntos de muestreo en los ríos y pozos de la provincia de Los Santos.

<b>Fuente</b>	<b>Código del Sitio</b>	<b>Distrito</b>	<b>pH</b>	<b>CE μS/cm</b>	<b>TDS mg/L</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>Dureza (mg/L)</b>
río	TRT	Tonosí	8,3	253,80	145,40	28,33	141
río	MRTB	Macaracas	7,8	211,75	105,75	25,37	102
río	MRS	Macaracas	7,3	239,50	119,75	25,63	105
río	MRTG	Macaracas	7,9	156,00	78,00	25,96	71
río	MRP	Macaracas	8,2	206,67	103,33	25,17	118
río	MRE	Macaracas	8,4	176,67	88,67	25,96	90
río	MRBG	Macaracas	8,5	218,60	109,40	25,90	121
río	TLB	Tonosí	7,9	347,60	173,60	28,58	189
pozo	GLP	Guararé	7,5	520,60	260,20	29,71	244
pozo	LTAJP	Las Tablas	7,7	580,40	290,20	29,81	249
pozo	LTQF	Los Santos	7,5	872,75	436,50	33,48	388
pozo	GCL	Guararé	7,5	568,25	273,25	29,95	293
pozo	GLA	Guararé	7,6	475,20	237,40	29,41	224
pozo	LSGV	Los Santos	7,4	573,00	286,50	30,77	282
pozo	TDO	Tonosí	7,7	600,40	300,20	31,06	264
pozo	LSTQR	Los Santos	8,3	678,67	339,33	29,80	291

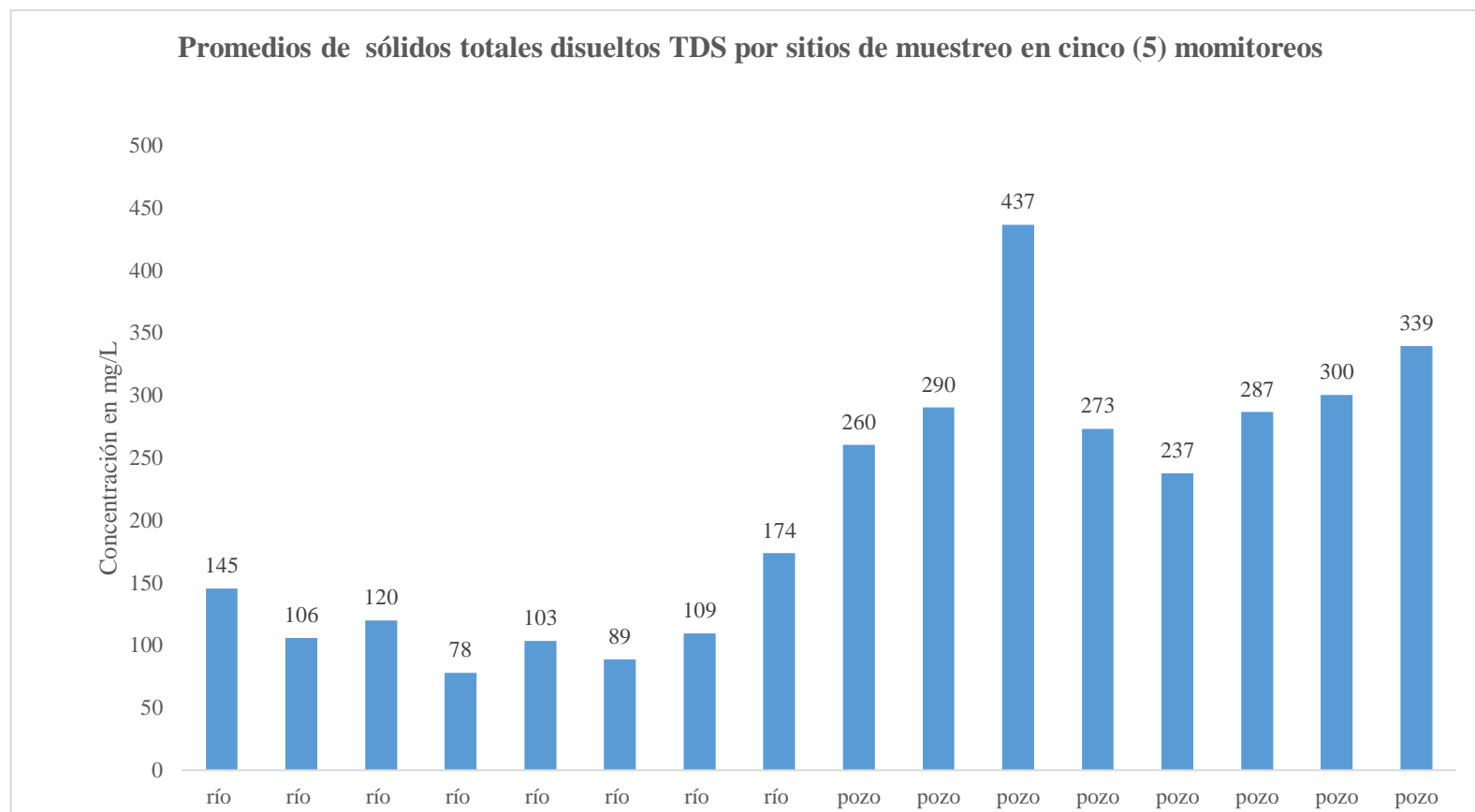
ANEXO II. El pH promedio por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.



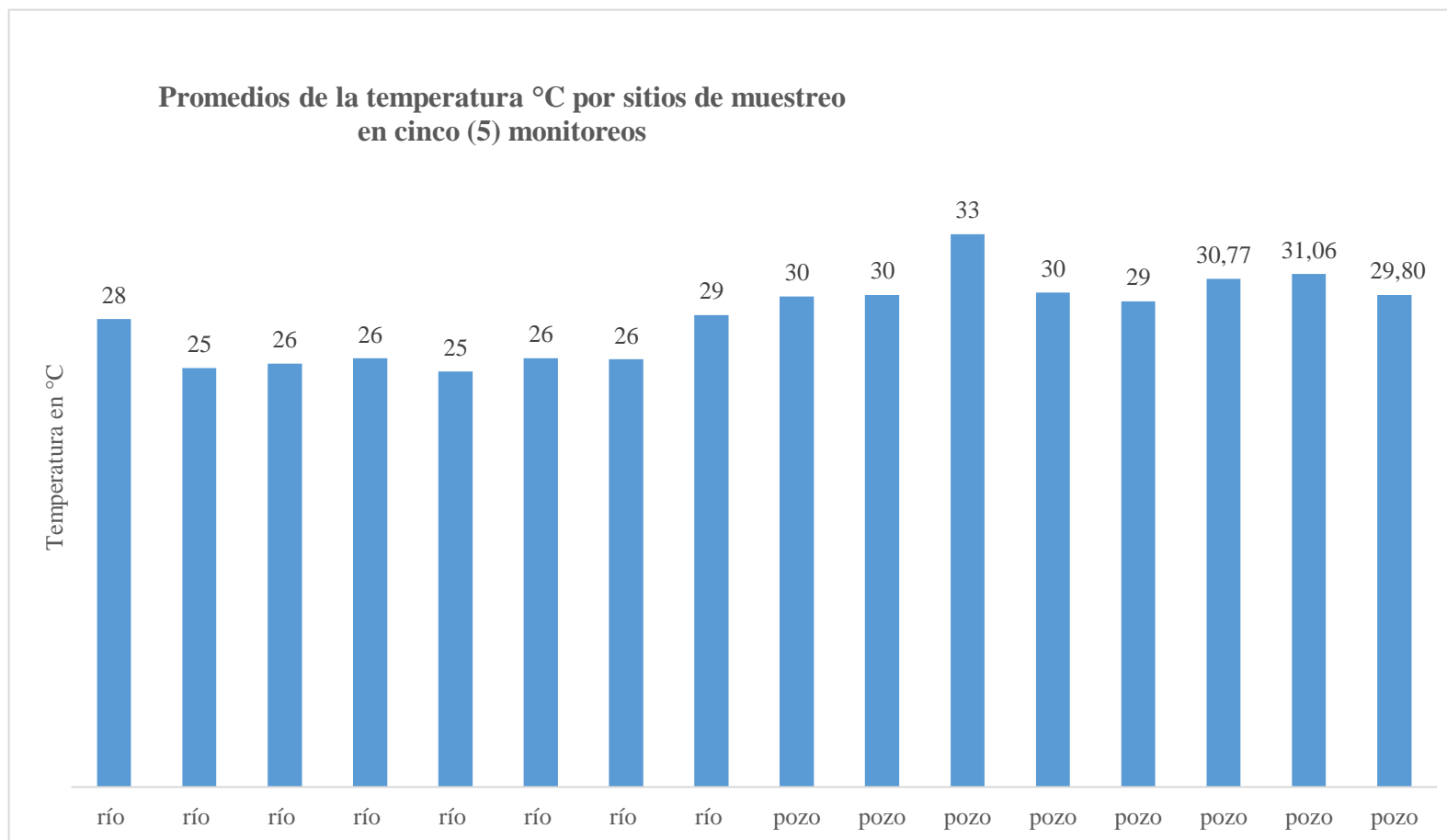
ANEXO III. Conductividad eléctrica CE promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.



ANEXO IV. Salinidad TDS promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.



ANEXO V. Temperatura promedio, por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.



ANEXO VI. Concentración promedio de  $\text{CaCO}_3$ , por sitio de muestreo en el área de investigación 2016-2017.

